



JOHANNES KEPLER
UNIVERSITÄT LINZ | JKU

WS 2013/2014

Bachelorarbeit aus Wirtschaftsinformatik

durchgeführt am
Institut für Wirtschaftsinformatik - Software Engineering
Johannes Kepler Universität Linz

Betreuer: Dr. Stefan Schiffer

Barrierefreier Zugang zu offenen Geodaten unter besonderer Berücksichtigung sehbeeinträchtigter Personen

Gerald Kogler
gerald@servus.at

28.02.2014

Kurzfassung

Diese Bachelorarbeit untersucht den Zugang zu freien Geodaten für sehbeeinträchtigte Personen. Ausgangspunkt ist die Analyse relevanter Literatur und existierender Projekte zu Barrierefreiheit und digitalen Karten. Darauf aufbauend wurden für eine eingeschränkte Zielgruppe Anforderungen an ein barrierefreies Kartendesign erstellt. Anhand eines Prototypen werden die Möglichkeiten von Zielgruppenprofilen, personalisierbaren Parametern und der textuellen Repräsentation von Geodaten aufgezeigt. Die Umsetzung erfolgte anhand einer Vektorkarte unter Verwendung von Daten aus OpenStreetMap.

Schlüsselwörter

Inklusives Design, Barrierefreie Karten, Kartographie, Sehbeeinträchtigung, Vektorkarte

Abstract

This bachelor thesis investigates the access to open geographical information for visual impaired people. The starting point is the analysis of relevant literature and existing projects on accessibility and digital maps. Based on this, requirements are defined for a restricted target. By means of a prototype, possibilities like target profiles, personalised parameters and textual representation of geodata are shown. The implementation is done using a vector map and data from OpenStreetMap.

Keywords

Inclusive design, Accessible maps, Cartography, Visual impairment, Vector map

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG.....	4
2 GRUNDSÄTZLICHES ZUR BARRIEREFREIHEIT.....	5
2.1 HAUPTMERKMALE DER BARRIEREFREIHEIT.....	5
2.1.1 Textäquivalenz	6
2.1.2 Kontraste und Farben	6
2.1.3 Tastaturnavigation.....	6
2.1.4 Strukturierte Inhalte.....	6
2.1.5 Verständlichkeit.....	8
2.1.6 Geräteunabhängigkeit.....	8
2.2 GRUNDLEGENDE TECHNOLOGIEN UND STANDARDS.....	8
2.2.1 Programmierschnittstelle des Betriebssystems.....	8
2.2.2 WCAG 2.0 als Standard für das Web.....	9
2.2.3 Validierung der WCAG 2.0.....	9
2.2.4 HTML5 und Barrierefreiheit.....	10
2.2.5 WAI-ARIA.....	11
2.3 RECHTLICHE GRUNDLAGEN IN ÖSTERREICH.....	11
2.3.1 Die Bundesverfassung.....	11
2.3.2 Das Bundes-Behindertengleichstellungsgesetz (BGStG).....	12
2.3.3 Das E-Government Gesetz.....	13
3 ÜBERBLICK ZU FREIEN GEODATEN.....	14
3.1 ÜBERBLICK OPENSTREETMAP.....	15
3.1.1 Format der Geodaten.....	15
3.1.2 Von Geodaten zur Karte im Web.....	16
3.2 BEISPIELE RELEVANTER TAGS FÜR BARRIEREFREIHEIT.....	17
3.2.1 Hindernisse.....	17
3.2.2 Querungsstellen.....	17
3.2.3 Oberflächenbeschaffenheit.....	18
3.2.4 Beschaffenheit von Fußwegen.....	19
3.2.5 Taktile Bodenindikatoren.....	19
4 ZIELGRUPPE BLINDE UND SEHBEEINTRÄCHTIGTE MENSCHEN.....	20
4.1 SEHSCHÄDIGUNGEN.....	20
4.1.1 Definitive Differenzierung.....	20
4.1.2 Funktional orientierte Klassifikation.....	21
4.1.3 Nicht behobene Sehbeeinträchtigungen in Österreich.....	22

4.1.4 Farbfehlsichtigkeit als häufigste Art von Sehbehinderung.....	23
4.2 ASSISTIERENDE TECHNOLOGIEN FÜR SEHBEEINTRÄCHTIGTE COMPUTERNUTZERINNEN.....	24
4.2.1 Assistierende Standardtechnologien.....	25
4.2.2 Experimentelle assistierende Technologien.....	26
4.3 AUSWIRKUNGEN VON SEHSCHÄDIGUNGEN AUF INFORMATIONSERWERB UND -VERARBEITUNG	27
4.3.1 Reichweite und Grenzen des Hör- und Tastsinns.....	27
4.3.2 Kompensation des Sehverlusts durch Restsinne.....	28
4.3.3 Konsequenzen für den Informationstransfer.....	29
4.4 DIE METAPHER DER KOGNITIVEN KARTE.....	29
5 BARRIEREFREIE GEODATEN FÜR SEHBEEINTRÄCHTIGTE PERSONEN.....	33
5.1 DIE SEMANTISCHE EBENE VON KARTEN.....	33
5.2 TECHNIKEN ZUR GESTALTUNG BARRIEREFREIER KARTEN.....	34
5.2.1 Taktile Karten.....	34
5.2.2 Haptische Karten.....	35
5.2.3 Akustische Karten.....	36
5.2.4 Multimodale Designansätze auf Geräten mit Touchscreen.....	37
5.3 FUNKTIONALE ANSÄTZE FÜR BARRIEREFREIE KARTEN	38
5.3.1 Für Screenreader lesbare visuelle Karten.....	38
5.3.2 Personalisierbare Karten.....	39
5.4 INKLUSIVE DESIGNELEMENTE BARRIEREFREIER KARTEN.....	40
6 FLEXIMAP: EINE PERSONALISIERBARE VEKTORKARTE.....	43
6.1 KERNANFORDERUNGEN.....	43
6.1.1 Zielgruppenprofile.....	43
6.1.2 Personalisierbare Parameter.....	43
6.1.3 Textuelle Repräsentation relevanter Geodaten.....	44
6.1.4 Persistierung von Einstellungen.....	44
6.2 ÜBERBLICK ÜBER TECHNOLOGIE.....	44
6.2.1 Vektordatendarstellung im Browser.....	44
6.2.2 Basisarchitektur.....	45
6.2.3 Umsetzung der Kernanforderungen.....	46
7 ZUSAMMENFASSUNG.....	50
ANHANG A: GLOSSAR.....	51
ANHANG B: ENGLISCHE ORIGINALZITATE.....	53
ANHANG C: LITERATURVERZEICHNIS.....	55
ANHANG D: ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	59

Einleitung

Inklusion bedeutet, dass alle Menschen – unabhängig von Herkunft, Geschlecht, Alter oder Behinderung – an allen Prozessen im Leben teilhaben und diese mitgestalten können. Es geht also um die Anerkennung von Unterschiedlichkeit und den Abbau von Barrieren jeglicher Art.

Ich verstehe digitale Technologie als Werkzeug zur Verbesserung des Lebens und als Entwickler verspüre ich die Verantwortung, meine Kenntnisse für die Umsetzung einer inklusiven Gesellschaft einzusetzen.

Meine Arbeit mit Geoinformationssystemen hat mir gezeigt, dass vor allem im Bereich visueller Karten noch wenige Lösungen für eine barrierefreie Umsetzung existieren. Daher analysiere ich in dieser Arbeit die Literatur zu den Schwerpunkten Barrierefreiheit, Geodaten und Sehbeeinträchtigung, um anschließend einen technischen Beitrag zur Umsetzung von Barrierefreiheit für visuelle Karten anzubieten.

Kapitel 2 »Grundsätzliches zur Barrierefreiheit« nennt die Hauptmerkmale der Barrierefreiheit, existierende Technologien und Standards sowie die rechtlichen Grundlagen in Österreich.

Kapitel 3 »Überblick zu freien Geodaten« nähert sich offenen Geodaten und im Speziellen OpenStreetMaps unter dem Blickwinkel der Barrierefreiheit.

Kapitel 4 »Zielgruppe blinde und sehbeeinträchtigte Menschen« untersucht verschiedene Herangehensweisen zur Definition von Sehschädigungen, gibt einen Überblick über assistierende Technologien, betrachtet die Auswirkungen von Sehbeeinträchtigungen auf Informationserwerb und -verarbeitung und stellt die Metapher kognitiver Karten vor.

Kapitel 5 »Barrierefreie Geodaten für sehbeeinträchtigte Personen« bespricht die Umsetzung barrierefreier Techniken auf Karten und definiert Benutzeranforderungen an visuelle barrierefreie Karten.

Kapitel 6 »Fleximap: Eine personalisierbare Vektorkarte« beschreibt den vom Autor entwickelten Prototypen zur barrierefreien Kartendarstellung. Es spezifiziert die Kernanforderungen und beschreibt die technische Umsetzung einer visuellen Karte für sehgeschädigte Personen.

Kapitel 7 »Zusammenfassung« diskutiert abschließend die Entwicklung und Grenzen barrierefreier Karten und nennt die Potentiale von Lösungen basierend auf Vektordaten.

1 Grundsätzliches zur Barrierefreiheit

„Barrierefreiheit ist ein Ziel und kein Zustand“ schreiben [Hellbusch und Probiesch 2010 S. 11] und deuten damit an, dass Barrierefreiheit eine kontinuierliche Auseinandersetzung mit potentiellen Barrieren erfordert. Das Ziel der Barrierefreiheit bedeutet, dass behinderte Menschen ein Angebot uneingeschränkt und selbständig nutzen können, dieser Zustand wohl aber nie zu 100% erreicht werden kann. Als realistisches Ziel kann genannt werden, dass jene mit vertretbarem Aufwand umsetzbaren Anforderungen der Barrierefreiheit implementiert sind. Barrierefreiheit ist somit nach [Hellbusch 2008 S. 3] „eine Gebrauchstauglichkeit vor dem Hintergrund einer Behinderung.“

Dieses Kapitel gibt eine Einführung in die Grundlagen der Barrierefreiheit, vor allem in Hinblick auf die Sicherstellung des gleichwertigen digitalen Informationszugangs für behinderte Menschen. Es werden allgemeine Merkmale, technische Standards und deren gesetzliche Verankerung vorgestellt.

Barrierefreiheit ist äquivalent zum englischen Begriff *Accessibility*. Manchmal wird anstatt von Barrierefreiheit fälschlicherweise der Begriff *Zugänglichkeit* verwendet. Dabei kommt jedoch die Tatsache zu kurz, dass sich Barrierefreiheit explizit auf Menschen mit Behinderung bezieht [Hellbusch und Probiesch 2010 S. 8].

1.1 Hauptmerkmale der Barrierefreiheit

Im Folgenden werden wichtige Merkmale der Barrierefreiheit vorgestellt. Das Verständnis dieser Merkmale ist Voraussetzung, um Barrierefreiheit erfolgreich umsetzen zu können.

1.1.1 Textäquivalenz

Benutzerschnittstellen und Inhalte müssen auch für Personen mit Behinderung erkennbar sein. Dies erfordert, dass alle Nicht-Text-Inhalte eine Textalternative bieten, die einem äquivalenten Zweck dienen [W3C 2008, Richtlinie 1.1 Textalternativen]. So brauchen z.B. Grafiken eine mit Worten beschriebene Alternative,

um für Screenreader lesbar zu sein. Um die Anforderung der Textäquivalenz zu erfüllen, müssen also Inhalte gleichwertig mit ein- oder ausgeschalteten Bildern genutzt werden können. Bei zeitbasierten Medien müssen Textalternativen zumindest eine deskriptive Identifizierung des nicht-textlichen Inhalts bereitstellen [W3C 2008, Richtlinie 1.2 Zeitbasierte Medien]. Die Herausforderung ist also die Bereitstellung von äquivalenten Informationen, bei Audioinhalten als Untertitel, bei Videoinhalten alternative auch als Audiospur, und deren Synchronisierung mit den multimedialen Inhalten.

1.1.2 Kontraste und Farben

Bei einem beeinträchtigten Sehvermögen kann die Einstellung eines eigenen Farbschemas hilfreich sein. Dadurch sollten aber alle Informationen, einschließlich Hervorhebungen und Warnungen weiterhin gut erkennbar sein. [W3C 2008, 1.4.1 Benutzung von Farbe] schreibt weiters, dass es wichtig ist, Farbe nicht als einziges visuelles Mittel zu benutzen „um Informationen zu vermitteln, eine Handlung zu kennzeichnen, eine Reaktion zu veranlassen oder ein visuelles Element zu unterscheiden“ und definiert außerdem Minimalanforderungen an Kontrastverhältnisse.

1.1.3 Tastaturnavigation

Ein wichtiges Merkmal von Barrierefreiheit ist, alle Funktionalitäten per Tastatur zugänglich zu machen. Ein Beispiel ist die Verwendung der Tabulatortaste zur Bewegung der Markierung auf ein auszuwählendes Element, z.B. eine Kapitelüberschrift im Inhaltsverzeichnis. Ein Screenreader kann dann den Namen des aktiven Elements nennen.

1.1.4 Strukturierte Inhalte

Ein strukturell gut aufbereitetes Dokument ist Voraussetzung für die strukturelle Navigation. [Hellbusch und Probiesch 2010 S. 255] schreiben:

„Die strukturelle Navigation bezeichnet die Tastaturnavigation innerhalb einer Seite auf Basis der Strukturmerkmale der Seite.“

Sprachausgabe gibt den Inhalt eines Dokumentes sequentiell aus und muss daher Funktionen zum Springen auf weiter unten liegende Inhalte bieten. Ein barrierefreies Dokument muss deshalb dermaßen strukturiert sein, dass bestimmte Bereiche gezielt angesteuert werden können.

Abbildung 1 zeigt die Überschriftenliste im Screenreader JAWS. Sie ermöglicht es, direkt auf ein Element der Liste zu springen und somit Blöcke zu überspringen.

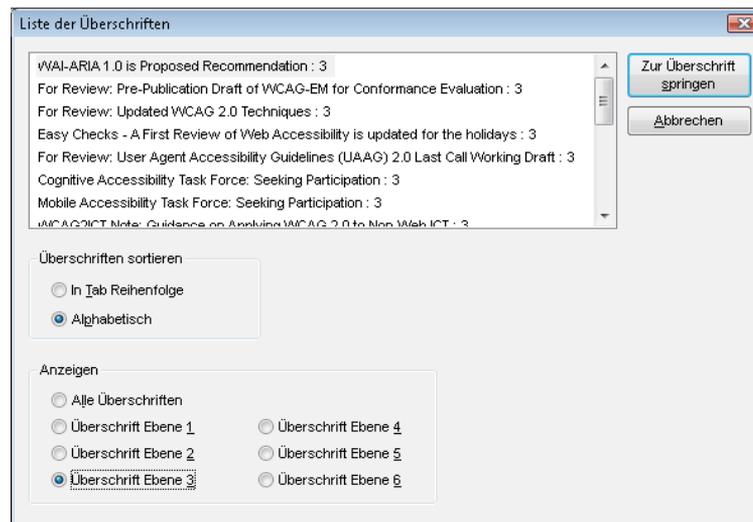


Abbildung 1: Überschriftenliste einer Webseite im Screenreader JAWS.

Die Wichtigkeit der Strukturierung erklären [Hellbusch und Probiesch 2010 S. 24] anhand von HTML-Inhalten folgendermaßen:

„Die sinnvolle Strukturierung der Inhalte ist die Grundlage für die Trennung von Inhalt (HTML), Präsentation (CSS) und Verhalten (JavaScript bzw. DOM-Scripting). Diese Trennung der verschiedenen Ebenen ist wiederum Basis für die Standardkonformität eines Webangebots und ein nachweisbares Qualitätsmerkmal der Barrierefreiheit.“

Inhalte wie Texte oder Bilder werden also mit HTML¹, die Darstellung wie Schriftgröße und Farbe mit CSS und interaktive Elemente, wie ein Farbwechsel beim Auswählen eines Buttons, mit JavaScript implementiert.

1.1.5 Verständlichkeit

„Information und Bedienung der Benutzerschnittstelle müssen verständlich sein“ lautet ein Prinzip des [W3C 2008, Prinzip 3: Verständlich]. Dazu gehören Merkmale wie richtige Sprachauszeichnung der Inhalte, die Bereitstellung einer textuellen Hilfe, die Verständlichkeit der Navigation und des Inhalts auch für Personen mit Leseschwächen und die Erklärung von Abkürzungen und Jargon. Weiters sollte bei größeren Angeboten eine Orientierungshilfe in Form einer Inhaltsübersicht angeboten werden.

¹ Alle punktiert unterstrichenen Begriffe werden in Anhang A: Glossar erläutert.

1.1.6 Geräteunabhängigkeit

Geräteunabhängigkeit ermöglicht unterschiedlichen assistierenden Technologien, also auch zukünftigen, auf die Inhalte zuzugreifen. Dies wird vor allem durch Standardkonformität erreicht, d.h. je nach Technologie müssen entsprechende Richtlinien eingehalten werden. Eine genauere Beschreibung der relevanten Standards erfolgt im nächsten Kapitel.

1.2 Grundlegende Technologien und Standards

Nachfolgend werden einige grundlegende Technologien und Standards vorgestellt. Die derzeit am verbreitetsten internationalen Standards beziehen sich auf die barrierefreie Gestaltung von Webangeboten (Websites).

1.2.1 Programmierschnittstelle des Betriebssystems

Moderne Screenreader greifen nicht direkt auf den Inhalt von Dokumenten zu, sondern verwenden die von Schnittstellen zur Anwendungsprogrammierung (API) zur Verfügung gestellten Elemente. So kommunizieren Anwendungen ihre derzeit dargestellten Elemente an die API für Barrierefreiheit (Accessibility API), Screenreader greifen auf diese zu und werden über Änderungen an der Darstellung der Elemente informiert.

Für alle gängigen Desktop- und Mobil-Betriebssysteme gibt es Accessibility APIs, die z.B. von Browsern genutzt werden und von deren Implementierung das korrekte Funktionieren von Screenreadern abhängt.

Speziell für Webdokumente ist zu sagen, dass Screenreader nicht direkt auf HTML-Elemente zugreifen sollten, obwohl sie das technisch beherrschen. Erfolgt der Zugriff über die Accessibility API, brauchen Webentwickler nur das korrekte Zusammenspiel mit diesen und nicht mit den verschiedenen Screenreadern prüfen. Durch die konsequente Verwendung dieser Programmierschnittstellen wird also das Leben der Webentwickler nicht unnötig erschwert, weil dadurch barrierefreie Entwicklungen am Desktop, als auch auf mobilen Geräten, funktionieren [Zehe13 S. 3].

1.2.2 WCAG 2.0 als Standard für das Web

Das World Wide Web Consortium (W3C) unterhält eine eigene Arbeitsgruppe zu Barrierefreiheit im Web namens Web Accessibility Initiative (WAI²). Die Web Content Accessibility Guidelines (WCAG, in der Literatur oft auch nur als Accessibility-Guidelines bezeichnet) sind die zentrale Richtlinie zur barrierefreien Gestaltung der Inhalte von Internetangeboten. Sie sind nicht rechtsverbindlich; die Rechtsverbindlichkeit muss durch Gesetze hergestellt werden.

Die aktuellen WCAG 2.0 beziehen sich auf Webinhalte und sind daher an Webentwickler gerichtet. Einerseits beschreiben sie konkrete Technologien wie HTML, CSS, SMIL und ARIA, andererseits behandeln sie aber auch Nutzerführung und grafische Gestaltung.

Das Fundament der Barrierefreiheit definieren sie anhand von vier Prinzipien: *wahrnehmbar*, *bedienbar*, *verständlich* und *robust* [W3C 2008].

Anhand von zwölf Richtlinien werden die Grundregeln für die Erstellung barrierefreier Webinhalte definiert. Sie geben die Rahmenbedingungen vor und sind als solche oft nicht automatisch validierbar.

Weiters werden in diesem Standard Erfolgskriterien in Form von konkreten Handlungsanweisungen aufgelistet und in den drei Konformitätsstufen A, AA und AAA definiert. Schließlich werden noch Techniken dokumentiert, mit denen diese Kompatibilitätsstufen umgesetzt werden können.

1.2.3 Validierung der WCAG 2.0

Vollautomatische Tests zur Prüfung von Barrierefreiheit im Web gibt es seit langem, sie geben jedoch nur beschränkt Auskunft über die tatsächliche Standardkonformität. So meinen [Hellbusch und Probiesch 2010 S. 53]:

„Diese betreffen ausschließlich formal-technische Aspekte, die sogenannten harten Kriterien der Barrierefreiheit, wie valides HTML, automatische Weiterleitungen oder, ob ein Alternativtext für eine Grafik vorhanden ist. Ob dieser Alternativtext jedoch sinnvoll ist, kann von solchen Werkzeugen ebenso wenig erfasst werden wie die Frage nach einer sinnvollen Zwischenüberschrift oder einem aussagekräftigen Linktext.“

Barrierefreiheit kann somit nicht automatisiert validiert werden, es braucht immer einen Menschen als Sachverständigen, der diese manuell durchführt. Ein un-

² Siehe <http://www.w3.org/WAI/>

umgängliches Werkzeug für die manuelle Validierung ist die Checkliste des W3C zur WCAG 2.0. Auf dieser können verwendete Techniken sowie die Stufen der Konformität eingestellt werden, um dann eine personalisierte Liste der Erfolgskriterien, der zu verwendeten Techniken und die zu vermeidenden Fehler zu erhalten [W3C 2013]. Dieses Dokument muss Punkt für Punkt abgearbeitet werden, um das Erreichen der gewählten Konformitätsstufe sicherzustellen.

Als Beispiel für eine professionelle Evaluierung können z.B. die Accessibility- und Usability-Überprüfungen der Webauftritte der österreichischen Bundesministerien genannt werden. Diese wurden vom Kompetenznetzwerk Informationstechnologie zur Förderung der Integration von Menschen mit Behinderungen (IKT Forum³) an der Johannes Kepler Universität Linz erstellt und zeigen zahlreiche Verletzungen der Konformitätsstufen A, AA und AAA auf [KI-I 2008].

1.2.4 HTML5 und Barrierefreiheit

HTML5⁴ bringt einige Verbesserungen bezüglich Barrierefreiheit im Web. Auch wenn dieser zukünftige Standard vom W3C noch nicht offiziell verabschiedet wurde, sind große Teile schon in modernen Webbrowsern verfügbar. Allerdings verursacht eine unterschiedliche Umsetzung des Entwurfs eine Inkonsistenz bei der Darstellung von Webseiten.

Viele Verbesserungen wurden unabhängig der Barrierefreiheit eingeführt, haben aber trotzdem einen positiven Effekt in diese Richtung. Dazu ist die Optimierung der Formularbedienung zu nennen. Das Attribute *autofocus* lenkt die BenutzerIn gezielt auf ein Element, *placeholder* zeigt Musterdaten in Eingabefeldern und verringert Fehler bezüglich des Formats der einzugebenden Daten.

Verbesserungen ergeben sich auch durch mehr Optionen zur Strukturierung einer Webseite. Dies ermöglicht Screenreadern die Wichtigkeit eines Seitenbereichs besser zu interpretieren. Solche Elemente sind Abschnitt (*section*), Kopfbereich (*header*), Fußbereich (*footer*), Menü (*nav*), Inhalt (*article*) sowie Seitenleiste (*aside*). Indem ein Screenreader also z.B. das Element *nav* als Menü identifiziert, kann die BenutzerIn es gezielt ansteuern.

In HTML5 kann der Browser ohne Video- und Audioinhalte zusätzliche Software wiedergeben, allerdings fehlt die Option einer textuellen Beschreibung von multi-

³ Siehe <http://www.ki-i.at>

⁴ Siehe <http://www.w3.org/TR/html5/>

medialen Inhalten, was dem Prinzip der Textäquivalenz widerspricht. [Moritz 2011 S. 7] meint resümierend, dass es kein durchgängiges Konzept zur Unterstützung von Barrierefreiheit in HTML5 gibt.

1.2.5 WAI-ARIA

Accessible Rich Internet Applications (ARIA) ist eine Spezifikation des W3C um Webanwendungen barrierefrei zu gestalten. Sie trägt dem Umstand Rechnung, dass immer mehr Benutzerschnittstellen und dynamische Inhalte mit Webtechnologien erstellt werden. ARIA ist eine rein semantische Erweiterung von HTML und verwendet JavaScript und AJAX zur Implementierung. Die wichtigsten Konzepte von ARIA sind Rollen (*roles*), Eigenschaften (*properties*) und Zustände (*states*) [W3C 2011]. Wird z.B. ein Listenelement explizit mit einer Rolle versehen, so kann es vom Screenreader eindeutig als Menüelement identifiziert werden.

Ein Vorteil der Verwendung von ARIA ist, dass es im Gegensatz zu HTML5 auch von älteren Browsern interpretiert werden kann. ARIA kann aber auch komplementär zu HTML5 verwendet werden und so fehlende Auszeichnungen in HTML5 barrierefrei ergänzen.

1.3 Rechtliche Grundlagen in Österreich

Die Barrierefreiheit von digitalen Informationsangeboten ist in Österreich vor allem in nachfolgenden Rechtsgrundlagen verankert.

1.3.1 Die Bundesverfassung

Die österreichische Bundesverfassung formuliert im Art. 7 (1) B-VG den Gleichheitsgrundsatz. Dieser enthält ein ausdrückliches Diskriminierungsverbot für behinderte Menschen. Weiters definiert er eine Staatszielbestimmung, die den Gesetzgeber zur faktischen Gleichstellung von behinderten Menschen verpflichtet.

1.3.2 Das Bundes-Behindertengleichstellungsgesetz (BGStG)

Eine wichtige Erfüllung dieser verfassungsrechtlichen Vorgaben erfolgte am 1. Jänner 2006 mit dem Inkrafttreten des Behindertengleichstellungspakets. Darin enthalten ist das BGStG, das in § 6 (5) die Barrierefreiheit folgendermaßen definiert:

„Barrierefrei sind bauliche und sonstige Anlagen, Verkehrsmittel, technische Gebrauchsgegenstände, Systeme der Informationsverarbeitung sowie andere gestaltete Lebensbereiche, wenn sie für Menschen mit Behinderungen in der allgemein üblichen Weise, ohne besondere Erschwernis und grundsätzlich ohne fremde Hilfe zugänglich und nutzbar sind.“

Systeme der Informationsverarbeitung inkludieren auch Webangebote. Unter der Einschränkung *grundsätzlich ohne fremde Hilfe* wird verstanden, dass immer eine Lösung zu wählen ist, mit der möglichst viele behinderte Menschen eine Einrichtung allein nutzen können und als *zugänglich und nutzbar* kann ein Angebot dann verstanden werden, wenn Informationen auch für sinnesbeeinträchtigte Menschen verfügbar sind [Behindertenbeauftragter 2013 S. 1].

§ 2 (1) BGStG legt fest, dass der Diskriminierungsschutz für die gesamte Bundesverwaltung gilt. § 2 (2) dehnt den Geltungsbereich weiter aus:

„Die Bestimmungen dieses Bundesgesetzes gelten weiters für Rechtsverhältnisse einschließlich deren Anbahnung und Begründung sowie für die Inanspruchnahme oder Geltendmachung von Leistungen außerhalb eines Rechtsverhältnisses, soweit es jeweils um den Zugang zu und die Versorgung mit Gütern und Dienstleistungen geht, die der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen, und die unmittelbare Regelungskompetenz des Bundes gegeben ist.“

Daraus kann abgeleitet werden, dass das BGStG auch für privatwirtschaftliche Unternehmen als Anbieter von Waren und Dienstleistungen gilt [Wirtschaftskammer 2013 S. 9].

Auch eine Unternehmenshomepage fällt unter das Dienstleistungsangebot. Die [Wirtschaftskammer 2013 S. 32] nennt folgendes Beispiel für eine Barriere, die behinderte Personen im täglichen Leben am Zugang zu oder an der Versorgung mit der Öffentlichkeit zur Verfügung stehenden Gütern und Dienstleistungen behindert:

„Eine für blinde oder sehbehinderte Menschen nicht navigierbare Homepage führt dazu, dass Informationen nicht abrufbar sind. Daraus kann sich auch eine finanzielle Schlechterstellung ergeben, wenn in der Folge günstigere Angebote, die nur über das Internet zu erhalten sind, nicht in Anspruch genommen werden können.“

Eine Benachteiligung durch Diskriminierung liegt aber nur vor, wenn eine Zumutbarkeitsprüfung nach wirtschaftlicher Leistungsfähigkeit des Anbieters und finanziellem Beseitigungsaufwand positiv ausfällt [Wirtschaftskammer 2013 S. 32]. In diesem Fall sieht das Gesetz vor, dass sowohl der materielle als auch der immaterielle Schaden ersetzt wird.

Da es keine spezielle ÖNORM zur Umsetzung von Barrierefreiheit bei Informationsangeboten gibt, bezieht sich die [BGStG, Erläuterungen S. 10] ausdrücklich auf die WAI-Richtlinien:

„Das Vorliegen von Barrierefreiheit ist nach dem Stand der technischen Entwicklung zu beurteilen. Herangezogen werden dafür können [sic!] beispielsweise die einschlägigen ÖNORMEN in den Bereichen Bauen und technische Ausstattung sowie die WAI-Leitlinien betreffend Angebote im Internet.“

Daraus kann abgeleitet werden, dass für Webangebote aktuell die WCAG 2.0 umzusetzen ist. Da die Entwicklung im Web aber ständig weitergeht, müssen auch die Accessibility-Guidelines ständig an die aktuellen Erfordernisse angepasst werden. Daniel Pöll vom Institut Integriert Studieren⁵ der Johannes Kepler Universität Linz merkt an, dass die WCAG 2.0 keine verpflichtende Geltung haben und auf sie in der österreichischen Gleichstellungsverordnung nur als Referenzquelle verwiesen wird. [Pöll 2013] führt aus:

„Es gibt keinen geltenden Standard, der sich zertifizieren ließe. Dies führt oft dazu, dass sich Unternehmen weigern, WCAG 2.0 auf ihren Web-Angeboten zu implementieren. Dies begründen sie damit, dass womöglich nächstes Jahr schon wieder neue Richtlinien gelten könnten, was zu zusätzlichen Kosten führen würde.“

1.3.3 Das E-Government Gesetz

Für die öffentliche Verwaltung sind weiters Bestimmungen aus dem E-Government-Gesetz relevant. Darin wird festgelegt, dass internationale Standards einzuhalten sind. Das [Bundeskanzleramt 2013] schreibt über die Implementierung des WCAG 2.0 in der Gesetzgebung:

„Mit den - am 11. Dezember 2008 durch das World Wide Web Consortium veröffentlichten - Web Content Accessibility Guidelines 2.0 (WCAG 2.0) ist nun ein flexibler und testbarer, neuer Standard für barrierefreies Webdesign verfügbar. Dieser deckt Zugänglichkeitsanforderungen für alle Arten von Web-Inhalten (Text, Bilder, Audio und

⁵ Siehe <http://www.jku.at/iis/>

Video) sowie Web-Applikationen ab und definiert Technologie-unabhängige Richtlinien und Erfolgskriterien.

Im Sinne der dynamischen Bezugnahme des § 1 Abs. 3 E-Government-Gesetz auf den Stand der Technik erscheint es bedeutsam, die nun als W3C-Standard veröffentlichten WCAG 2.0 in die Überlegungen der Verwaltung betreffend die Gestaltung ihrer Webangebote einzubeziehen.“

Abschließend kann gesagt werden, dass Barrierefreiheit im österreichischen Gesetz verankert ist und dass das BGStG ein großer Fortschritt für Menschen mit Behinderungen ist, weil dadurch Diskriminierungen der gesellschaftlichen Teilnahme rechtlich verfolgt werden können.

In der österreichischen Gleichstellungsverordnung wird auf WCAG 2.0 als Referenzquelle hingewiesen. Das Fehlen einer speziellen ÖNORM für barrierefreien Informationszugang dient aber derweilen Institutionen aus Ausrede, sie nicht umzusetzen, indem sie die Rechtsunsicherheit der zukünftigen Entwicklung anführen.

2 Überblick zu freien Geodaten

„Hinter jeder Karte steckt eine Datensammlung: Straßen, Wälder, Flüsse und alles andere, was auf der Karte abgebildet ist, werden bei der Herstellung einer Karte aus der Datenbank geladen. Die Kunst der Kartographie besteht darin, aus der Menge der verfügbaren Daten eine Auswahl zu treffen und zu entscheiden, wie die ausgewählten Daten dargestellt werden sollen.“

So beschreiben [Ramm und Topf 2010 S. 6] den Prozess der Erstellung einer Karte ausgehend von den Rohdaten. Diese einer Karte zugrundelegenden Informationen mit Raumbezug werden Geodaten genannt. Ein komplettes System zum Erfassen, Bearbeiten, Organisieren, Analysieren und Präsentieren wird als Geoinformationssystem (GIS) bezeichnet.

In diesem Kapitel werden freie Geodaten anhand von OpenStreetMap erklärt. Im Gegensatz zu anderen Datenanbietern stellt dieses Projekt alle Geodaten zur Verfügung. Jeder kann auf den gesamten Datenbestand zugreifen und ihn frei für seine Zwecke einsetzen.

2.1 Überblick OpenStreetMap

OpenStreetMap⁶ (OSM) ist ein Gemeinschaftsprojekt mit dem Ziel, eine gemeinfreie und möglichst vollständige Sammlung von Geodaten zu erstellen. Alle Daten stehen unter der Open Data Commons Open Database License⁷. Sie sagt aus, dass jeder die Daten beliebig nutzen, verarbeiten, anpassen, vervielfältigen und öffentlich zugänglich machen darf, unter der Voraussetzung, dass die Rechteinhaber genannt und die Weitergabe unter Anwendung der gleichen Lizenz erfolgt. Im Gegensatz dazu stehen kostenlose Angebote wie z.B. Google Maps, die der BenutzerIn nur sehr eingeschränkte Rechte einräumen. OSM-Daten sind also frei für jegliche *Reproduktion und Weiterverarbeitung verwendbar*.

2.1.1 Format der Geodaten

Kern des Projekts ist eine Datenbank, die auf einer Karte eingezeichnete Objekte als Vektordaten speichert. Diese Objekte werden als „Map Feature“ bezeichnet und haben eine geografische Position und einen Datentyp.

Der erste Datentyp sind Punkte auf der Erdoberfläche (*node*), die als Tupel von Längen- und Breitengrad abgelegt werden.

Der zweite Datentyp sind Wege (*way*), sie werden aus mehreren Punkten gebildet. Wege werden durch einen Linienzug entlang dieser Punkte dargestellt, geschlossene Wege können auch andere Darstellungen implizieren, z.B. können sie ein Gebäude darstellen. Renderer versuchen dies zu erkennen und die Polygone entsprechend darzustellen.

Der dritte Datentyp sind Relationen (*relation*), diese können beliebig viele Punkte oder Wege enthalten. Relationen ermöglichen die Modellierung z.B. von Bundesstraßen, Fahrrad-Routen oder Buslinien.

Alle drei Datentypen können Tags (*tag*) enthalten. Diese beschreiben bestimmte Eigenschaften und bestehen aus Schlüssel und Wert. Es gibt keine vorgeschriebenen Regeln für deren Benennung, allerdings wird in einem Wiki⁸ dokumentiert, welche Schlüssel und Werte üblicherweise für welchen Zweck genutzt werden und welche Alternativen bestehen.

⁶ Siehe <http://www.openstreetmap.org>

⁷ Siehe <http://opendatacommons.org/licenses/odbl/>

⁸ Siehe http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Map_Features

Der in Navigationssystemen oft gebrauchte Begriff Point of Interest (POI) bezeichnet in OSM einen Punkt, der mit einem Tag versehen ist. Punkte können auch Teil eines Weges sein, enthalten sie jedoch einen Tag wie z.B. *amenity=telephone*, so sind sie als selbstständiges Element, in diesem Fall als Telefonzelle, erkennbar.

Der Zugriff von externen Anwendungen auf OSM-Daten erfolgt über die OSM-API⁹. Über HTTP sendet man die Anfrage, als Antwort erhält man eine Datei mit der Erweiterung *.osm*. Diese Datei beschreibt alle Grundelemente, also nodes, ways, relations und tags, im XML-Format. *planet.osm* enthält alle in OSM vorhandenen Daten und beschreibt somit die komplette Erde. Abbildung 2 zeigt die OSM-Daten¹⁰ der Bibliothek der Johannes Kepler Universität Linz.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<osm version="0.6" generator="OpenStreetMap Server"
  license="http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1-0/">
  <bounds minlat="48.3381700" minlon="14.3210000" maxlat="48.3391700" maxlon="14.3220000"/>
  <way id="22982686" visible="true" version="9" changeset="11283665"
    timestamp="2012-04-13T11:05:14Z" user="wheelmap_visitor" uid="290680">
    <nd ref="247757475"/>
    <nd ref="288187735"/>
    <nd ref="288187737"/>
    <nd ref="247757476"/>
    <nd ref="247757477"/>
    <nd ref="315119538"/>
    <nd ref="247757478"/>
    <nd ref="247757475"/>
    <tag k="amenity" v="library"/>
    <tag k="building" v="yes"/>
    <tag k="name" v="Universitätsbibliothek Linz"/>
    <tag k="name:en" v="Main Campus Library Linz"/>
    <tag k="wheelchair" v="limited"/>
  </way>
</osm>
```

Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung der OSM-Geodaten der Bibliothek der Johannes Kepler Universität Linz.

2.1.2 Von Geodaten zur Karte im Web

Alle Geodaten sind also als Vektordaten in einer Datenbank abgelegt. Die Standarddarstellung von Karten im Web erfolgt jedoch über Bitmap-Grafiken als Rasterkarten. [Ramm und Topf 2010 S. 178] beschreiben die dazu notwendige Umwandlung folgendermaßen:

„Ein Renderer wird benötigt, um aus den OSM-Vektordaten die Bitmap-Kacheln zu berechnen. Ein Tile-Server stellt diese Kacheln im Web zur Verfügung, und im Web-Browser läuft ein JavaScript-Programm, das die passenden Kacheln vom Server lädt und anzeigt.“

⁹ Siehe http://wiki.openstreetmap.org/wiki/API_v0.6

¹⁰ Aufruf: <http://api.openstreetmap.org/api/0.6/map?bbox=14.32100,48.33817,14.32200,48.33917>

Die Welt wird also in eine Reihe von Kacheln (tiles) zerlegt, die jeweils einen quadratischen Bereich der Karte enthalten. Die Web-Karte von OSM benutzt Kacheln in der Größe von 256 mal 256 Pixeln. Auf Zoomstufe 0 passt die ganze Welt auf eine Kachel, für jede nächsthöhere Zoomstufe wird jede Kachel jeweils in vier Kacheln aufgeteilt.

2.2 Beispiele relevanter Tags für Barrierefreiheit

Angelehnt an die für das Design barrierefreier Karten wichtige Informationen (siehe Abschnitt 4.4, S. 40), werden exemplarisch einige relevante geografische Elemente ausgewählt deren Auszeichnung anhand von OSM vorgestellt.

2.2.1 Hindernisse

Für Menschen mit Sehbehinderung sind Hindernisse sehr gefährlich. Temporäre Hindernisse wie abgestellte Fahrräder, Mülltonnen, Werbeschilder oder Baustellen können meist nur mit Hilfe des Blindenlangstockes erkannt werden.

Hindernisse, die Zufahrtsbeschränkungen zu Straßen und Wegen darstellen, werden mit als *barrier=** getagged. Beispiele für mögliche Werte sind *bollard* (Pfosten), *lift_gate* (Schranke), *chain* (Kette) und *block* (Steinblock).

2.2.2 Querungsstellen

Zebrastreifen werden mit *crossing_ref=zebra* ausgezeichnet, Fußgängerampeln mit *crossing=traffic_signals* gefolgt von der Ausstattung, wie etwa *:sound=yes* (Akustik), *:vibration=yes* (Vibration), *:arrow=yes* (Richtungspfeil am Ampelmast) und *:minimap=yes* (taktile Karte am Ampelmast).

Abbildung 3 zeigt einen Knopf für eine Fußgängerampel mit einem Pfeil, der blinden Personen die Überquerungsrichtung anzeigt.



Abbildung 3: Knopf für Fußgängerampel mit Richtungspfeil. [Lulu-Ann 2012]

2.2.3 Oberflächenbeschaffenheit

Blinde Menschen nutzen die Oberflächenbeschaffenheit von Straßen, Fußwegen und Plätzen zur Orientierung. Für sie ist der Unterschied zwischen Asphalt, Pflastersteinen oder etwa Kiesel wichtig, um Grenzen zwischen Fuß- und Radwegen oder Fußwegen und Straßen zu erkennen.

Bei Straßen wird per Definition angenommen, dass die Oberfläche befestigt ist. Handelt es sich um unbefestigte Straßen, muss das explizit mit *surface=unpaved* angegeben werden.

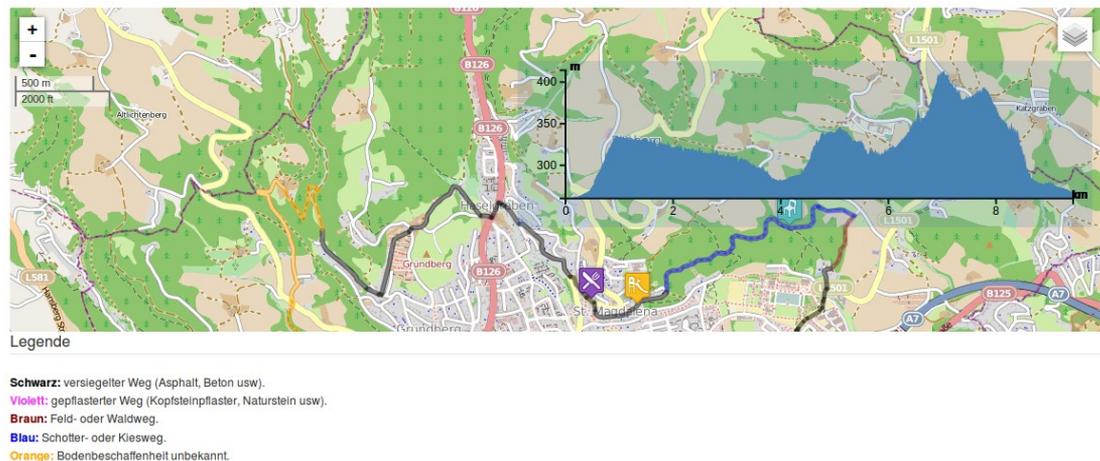


Abbildung 4: RollRaus zeigt Wanderwege mit deren Oberflächenbeschaffenheit basierend auf Daten von OSM.

Die Oberflächenbeschaffenheit wird also mit dem Schlüssel *surface* angegeben, wobei es eine lange Liste von Auszeichnungen gibt¹¹. Einige mögliche Werte sind *asphalt* (Asphalt), *cobblestone* (Pflaster), *paving_stone* (Pflastersteine), *pebblestone* (Kies), *gravel* (Split, Schotter) und *ground* (Trampelpfad).

Abbildung 4 zeigt wie das Projekt Rollraus¹² die Oberflächenbeschaffenheit von Wanderwegen farblich kodiert darstellt.

2.2.4 Beschaffenheit von Fußwegen

Die Breite von Wegen wird standardmäßig in Metern angegeben. *width=0.8* bedeutet, dass es sich um eine Breite von 80 Zentimetern handelt.

¹¹ Siehe <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:Key:surface>

¹² Siehe <http://rollraus.freibichler.com>

Deutliche Steigungen oder Gefälle können ebenfalls zur Orientierung dienen. *incline=20%* gibt an, dass es sich um eine Steigung von 20% handelt.

2.2.5 Taktile Bodenindikatoren

Zur Orientierung und Information werden im Fußgängerverkehr taktile Elemente eingesetzt. Die ÖNORM V 2102-1 definiert tastbare Leitsysteme für Blinde und Sehbehinderte, sie werden üblicherweise bei Querungen, Bushaltestellen und Bahnsteigen umgesetzt. Abbildung 5 zeigt Bodenleitlinien am Campus der Johannes Kepler Universität Linz. In OSM werden sie mit *tactile_paving=yes* angegeben.



Abbildung 5: Bodenleitlinien am Campus der Johannes Kepler Universität Linz. Dass sie gegen die Wand laufen ist kein Streich, sich an der Wand entlangzutasten ist gewünscht.

3 Zielgruppe blinde und sehbeeinträchtigte Menschen

3.1 Sehschädigungen

„Wann spricht man von Blindheit, wann von Sehbehinderung, wann von einer Sehbeeinträchtigung und wann von einer cerebralen Sehschädigung? In der Literatur und auch im allgemeinen Sprachgebrauch benutzen wir viele Begriffe, und selbst das, was man gemeinhin für eindeutig hält, Blindheit, ist so eindeutig nicht.“

[Walthes 2003 S. 46] setzt sich intensiv mit Definitionen und Klassifikationen sowohl im medizinischen, sozial-rechtlichen als auch pädagogischen Bereich auseinander. Sie stellt fest, dass Schädigungen nicht notwendigerweise funktionelle Beeinträchtigungen nach sich ziehen. [Walthes 2003 S. 49] vertritt folgende Auffassung: „Behinderung ist der nicht gelungene Umgang mit Verschiedenheit.“

Nachfolgend geht es um Definition und Klassifikation, danach wird der Status Quo in Österreich beleuchtet.

3.1.1 Definitiorische Differenzierung

Als definitiorischer Parameter dient in erster Linie der Visus. Er kann als Sehschärfe übersetzt werden und misst die Fähigkeit, zwei benachbarte Punkte als getrennte Einheiten wahrzunehmen. Ein Mensch, der aus fünf Metern Entfernung zwei Punkte, die 1,5 mm auseinander liegen, separat wahrnehmen kann, verfügt über einen Visus vom Wert 1. Beträgt dieser Wert am besseren Auge mit optimaler Korrektur nur 1/60, so wird diese Person in Österreich als blind eingestuft [Wölfl und Leuprecht 2004 S. 7]. Das heißt, dass eine blinde Person eine Sehschärfe von nicht mehr als 2 Prozent der Norm hat.

Von einer Sehbehinderung spricht man bei einem wesentlich herabgesetzten Sehvermögen, das sich durch medizinische oder technische Maßnahmen nicht ausgleichen lässt. Zu den häufigsten Sehbehinderungen gehören Grauer und Grüner Star, Makula-Degeneration, Diabetische Retinopathie, Retinitis pigmentosa, Netzhautablösung, Albinismus und Gesichtsfeldausfälle [Wölfl und Leuprecht 2004 S. 7].

Abbildung 6 zeigt wie Menschen mit verschiedenen Sehbehinderungen das Display eines Smartphones wahrnehmen.

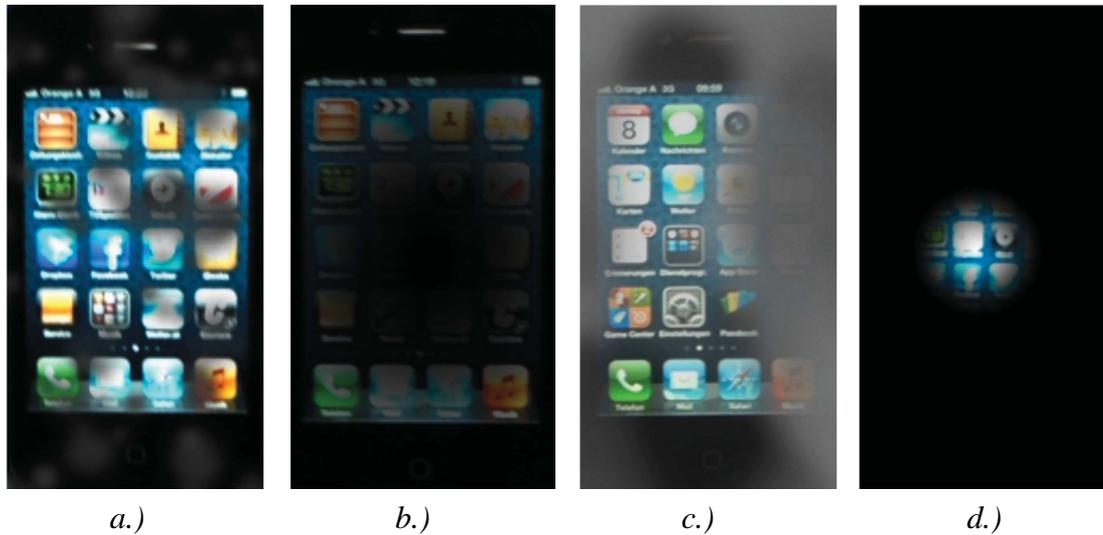


Abbildung 6: Simulation der Wahrnehmung des Displays eines Smartphones bei verschiedenen Sehstörungen: a.) Diabetische Retinopathie b.) Altersbedingte Makuladegeneration c.) Grauer Star d.) Retinitis Pigmentosa [Marano 2013 S. 4ff].

3.1.2 Funktional orientierte Klassifikation

Klassifikationen, die sich hauptsächlich am Visus orientieren, machen aus pädagogischer Sicht und auch in Hinblick auf die in dieser Arbeit angestrebte Umsetzung von Barrierefreiheit und Entwicklung technischer Hilfen, wenig Sinn. So können Personen mit einem identischen Visus aufgrund ihrer unterschiedlichen Erfahrungen eine gänzlich unterschiedliche Unterstützung benötigen.

[Walthes 2003 S. 52] zitiert [Hyvärinen 2001]¹³, die als Resultat der Auseinandersetzung mit der ICF eine funktional ausgerichtete Klassifikation nach folgenden Bereichen nennt:

- „Kommunikation,
- Orientierung und Bewegung,
- Aktivitäten des täglichen Lebens und
- Aufgaben im Nahbereich (z.B. Lesen, Schreiben oder Nähen).“

Sie schlägt vor, die von der Person verwendeten Techniken aus diesen vier Bereichen zu analysieren. Die Ergebnisse bei bestimmtem Tageslicht, Beleuchtung und Kontrast ordnet sie dann Blinden-, Sehbehinderten- und Sehendentekniken zu.

¹³ Quelle konnte nicht gefunden werden, vermutlich inhaltsgleich: [Hyvärinen 2000a]

Tabelle 1 zeigt, dass eine Person mit einer degenerativen Netzhauterkrankung durchaus noch Techniken für sehende Menschen anwenden kann und nur bei nicht optimalen Lichtsituationen auf die anderen Techniken zurückgreifen muss.

[Walthes 2003 S. 53] bewertet dieses Vorgehen folgendermaßen:

„Eine solche Klassifikation hat auf der einen Seite den Vorteil, dass die Nutzung des jeweiligen Sehvermögens bzw. die Anwendung von blindenspezifischen Techniken in unterschiedlichen Bereichen geprüft wird und erfordert darüber hinaus eine genaue Beobachtung des Menschen in unterschiedlichen Alltagssituationen. Ihre Schwierigkeit besteht in der präzisen Definition der Kategorien, Techniken des Sehens, der Sehbehinderung und der Blindheit.“

Aufgabe/Technik	Blindentechiken	Sehbehinderten- techniken	Sehendentechniken
Kommunikation	bei Dämmerung	in Gruppensituationen	bei Tageslicht
Orientierung Bewegung	bei Dämmerung; Langstock	bei Blendung	bei Tageslicht
Alltagspraktische Fertigkeiten	bei Dämmerung	bei Objekten mit geringem Kontrast	bei Tageslicht und bei guten Kontrasten
Aufgaben im Nahbereich	bei Dämmerung	bei Aufgaben, die einen guten Überblick erfordern	bei normalen Texten und guter Beleuchtung

Tabelle 1: Sehverhalten einer Person mit einer degenerativen Netzhauterkrankung: Retinopathia, Pigmentosa, Verschlechterung des peripheren Gesichtsfeldes. Im zentralen Bereich ist Sehschärfe so weit erhalten, dass bei entsprechender Beleuchtung das Lesen von Normaldruck möglich ist. [Hyvärinen 2000b S. 3], zitiert nach [Walthes 2003 S. 52].

3.1.3 Nicht behobene Sehbeeinträchtigungen in Österreich

Die letzte Erhebung in Österreich über die Anzahl der Personen mit Sehbeeinträchtigungen fand 2007 im Rahmen des vom Bundesministerium für Soziales und Konsumentenschutz in Auftrag gegebene Mikrozensus-Sonderprogramm „Menschen mit Beeinträchtigungen“ statt [ÖSTAT 2008]. Dabei handelt es sich um eine Stichprobenerhebung, die etwa ein Prozent der österreichischen Bevölkerung erfasste.

Als Definition von Blindheit und Schwere der Sehbehinderung wird die in Österreich geltende medizinische Klassifikation herangezogen. Die Einstufung dient der Feststellung des Pflegebedarfs und wird durch das Bundespflegegeldgesetz (BPGG) geregelt. Im BPGG § 4a wird definiert, wer nach österreichischer Rechtsauffassung als hochgradig sehbehindert bzw. blind gilt.

Laut [ÖSTAT 2008 S. 1135] gaben 3,9% der Bevölkerung an, eine nichtbelebene Beeinträchtigung des Sehvermögens zu haben – 2007 gab es 308.000 tatsächlich Sehbeeinträchtigte in Österreich. Als dauerhafte Sehbeeinträchtigungen wurden jene gezählt, die trotz Brille, Kontaktlinsen oder anderer Sehhilfen bestanden. Von leichten Sehbeeinträchtigungen waren 0,8%, von mittleren 1,8% und von schwerwiegenden 1,2% der Bevölkerung betroffen. Die genauen Zahlen sind in Tabelle 2 ersichtlich welche sich an der „International Classification of Functioning, Disability and Health“ (ICF¹⁴) der WHO orientiert.

Art der nicht behobenen Sehbeeinträchtigung	in 1.000	in %-Anteil der Bevölkerung
Leichte Sehbeeinträchtigung	68	0,8
Mittlere Sehbeeinträchtigung	146	1,8
Schwerwiegende Sehbeeinträchtigung	101	1,2
Blindheit	3	0,1
Sehbeeinträchtigte gesamt	318	3,9

Tabelle 2: Bevölkerungsanteil sehbehinderter Personen [ÖSTAT 2008 S. 1133].

3.1.4 Farbfehlsichtigkeit als häufigste Art von Sehbehinderung

Sehbehinderungen sind vermutlich der häufigste Barriere bei der Computernutzung. Durch die Komplexität des Sehsinns können die Gründe dafür unterschiedlichster Natur sein, eine Kategorisierung ist fast unmöglich. Als häufigste Sehbehinderung wird hier kurz näher auf die Farbfehlsichtigkeit eingegangen.

¹⁴ Siehe <http://www.who.int/classifications/icf>

Stäbchen und Zapfen sind zwei unterschiedliche Arten von Sehzellen. Stäbchen ermöglichen das Sehen im Dunkeln, Zapfen dienen der Farbwahrnehmung und dem scharfen Sehen. Dabei gibt es für die Wahrnehmung der Grundfarben Rot, Grün und Blau jeweils einen Zapfentypen, durch additives Mischen können alle Farben des RGB-Farbraums erfasst werden [Tinnes 2007 S. 11f].

Farbfehlsichtigkeit wird durch beschädigte oder zerstörte Zapfen verursacht. Totale Farbblindheit ist sehr selten, die häufigste Ausprägung der Farbsinnstörung sind Rot-Grün-Sehschwächen. Immerhin acht Prozent der männlichen Bevölkerung, jedoch unter einem halben Prozent der weiblichen, leiden unter Farbfehlsichtigkeit [Hellbusch und Probiesch 2011 S. 13]. Abbildung 7 zeigt wie Menschen mit verschiedenen Arten von Farbenfehlsichtigkeit jeweils die Regenbogenfahne sehen.

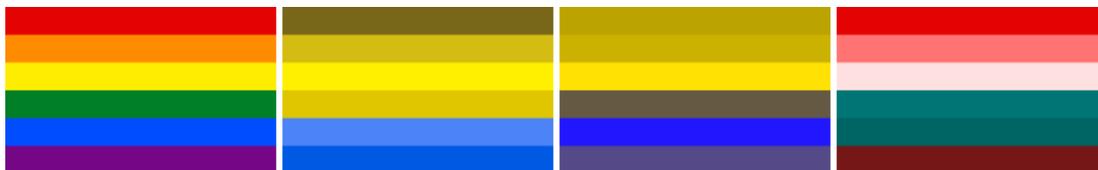


Abbildung 7: Die Auswirkungen von Farbfehlsichtigkeit anhand der Regenbogenfahne. Links für Menschen ohne Farbfehlsichtigkeit, danach die Sichtweise für Menschen mit Protanopie, Deutanopie und Tritanopie [Wikipedia 2011].

3.2 Assistierende Technologien für sehbeeinträchtigte ComputernutzerInnen

Allgemein gültige Ableitungen sind aufgrund der Unterschiedlichkeit von Augenerkrankungen schwierig, [Hellbusch und Probiesch 2010 S. 12] schreiben:

„Einige Sehbehinderte setzen Vergrößerungssysteme ein, andere verändern die Systemeinstellungen für Bildschirmfarben, -schriftarten und -schriftgrößen. Manche sind farbfehlsichtig, andere blendempfindlich und wieder andere keines von beidem. Einige setzen unterstützende Sprachausgaben ein, während andere mit den Bordmitteln des Browsers zurechtkommen.“

Sehbeeinträchtigte Personen versuchen also die für sie individuell optimale Kombination an Technologien und Arbeitsabläufen einzusetzen. Gerhard Nussbaum vom IKT Forum unterstreicht, wie wichtig es ist, sowohl bewährte Programme als auch individuelle Vorlieben zu respektieren. [Nussbaum 2013] erklärt:

„Grundsätzlich sollte auf bewährte Techniken gesetzt werden. So soll keine Sprachausgabe direkt in die Tools eingebaut werden, dies wird von Betriebssystem und speziellen assistierenden Anwendungen (z.B. Screenreader) übernommen. Weiters sollten Standardeinstellungen wie z.B. Hintergrundfarbe und Textgröße direkt vom Betriebssystem übernommen werden.“

3.2.1 Assistierende Standardtechnologien

Screenreader

Das am häufigsten eingesetzte Hilfsmittel für blinde und sehbeeinträchtigte Menschen ist der Screenreader. Er bezieht die Information zur Wahrnehmung und Bedienung einer Anwendung vom Betriebssystem (siehe 1.2.1, S. 8). Seine Aufgabe besteht also darin, die für die Ausgabe am Bildschirm bestimmten Informationen abzufangen und über eine Sprachausgabe oder eine Blindenpunktschrift auszugeben [Hellbusch und Probiesch 2010 S. 16].

Sprachausgabe

Text-To-Speech-Systeme wandeln Fließtext in akustische Sprachausgabe um. Sie verwenden synthetische Sprache, also die künstliche Erzeugung der menschlichen Stimme. Diese kann sowohl auf Sprachsamples basieren oder aber auch vollständig am Computer erzeugt werden. Die Qualität professioneller Sprachsynthese reicht mittlerweile an menschliche Sprecher heran.

Braillezeile

Die Braillezeile wandelt Zeichen in tastbares Braille um. Der Text wird in der Regel von einem Screenreader bereitgestellt, die Ausgabe erfolgt in Blindenpunktschrift (Brailleschrift) anhand beweglicher Stifte. Jedes Braillezeichen besteht aus bis zu sechs Punkten, die in einer Matrix von drei Zeilen und zwei Spalten angeordnet sind. Da für die Arbeit am Computer mehr Zeichen notwendig sind, werden bei Braillezeilen noch zwei weitere Punkte je Zeichen hinzugefügt. Mit acht Punkten erhält man 256 mögliche Kombinationen. Über Navigationstasten können dargestellte Textausschnitte ausgewählt werden.

Tastatur

Sehbeeinträchtigte Personen bedienen Computer normalerweise ohne Maus. Die Tastatur ist im Vergleich zur zweidimensionalen Mausbewegung sehr eingeschränkt, da sich Links nur sequentiell aufeinanderfolgend auswählen lassen.

Eine strukturelle Navigation (siehe Abschnitt 1.1.4, S. 6) wird über semantische Strukturen eines Dokumentes ermöglicht, z.B. durch Springen von Kapitel zu Kapitel. Dies erleichtert die Navigation innerhalb einzelner Seiten.

Bildschirmlupe

Die Bildschirmlupe ist eine Software für sehbeeinträchtigte Benutzer, die einen wählbaren Bildschirmausschnitt vergrößert auf dem Display darstellt.

3.2.2 Experimentelle assistierende Technologien

Im Rahmen dieser Arbeit werden neue Ansätze assistierender Technologien erforscht. Daher ist es wichtig, neue und experimentelle Ansätze für assistierende Technologien zu kennen.

Experimentelle Ausgabe durch Audio

Für Menschen mit Sehbehinderungen ist Audiofeedback ein weit verbreitetes technisches Hilfsmittel. Eine verbale Beschreibung der Umgebung hat sich vor allem bei Routenbeschreibungen sehr bewährt, andere Projekte versuchen Farb- oder Entfernungsinformationen in Klänge zu codieren. [Gomez et al. 2012 S. 1530] entwickelten einen Prototypen für blinde und stark sehbehinderte Menschen, der sowohl Farb- als auch Tiefeninformationen in Musik codiert und beschreiben drei Einsatzgebiete: Erstens dient er zum Erkennen von Objektgrenzen, sowohl durch farbliche als auch durch Distanzvariationen. Weiters wird er zur Feststellung der Entfernung zu einer Wand eingesetzt. Und schließlich hilft er beim Auffinden eines farbigen Objektes.

Experimentelle haptische Ausgabegeräte

Zusätzlich zur Braillezeile gewinnt haptisches Feedback für Menschen mit Sehbehinderungen an Bedeutung. Für Mobiltelefone, Tablets und Laptops gibt es experimentelle Ansätze, die Touchscreens und Touchpads um taktiles Feedback erweitern. So hat es sich z.B. bei blinden Grundschulern bewährt, Geometrie und andere mathematische Grundlagen über Tablets mit Force Feedback und entsprechender Lernsoftware zu unterrichten [Gorlewicz 2013].

Einen experimentellen Ansatz von haptischer Ausgabe beschreiben [Hemmert et al. 2010 S. 671; OZ 1¹⁵] anhand eines sich verändernden Gerätes:

15 Alle mit OZ gekennzeichneten Zitate sind in Anhang B: Englische Originalzitate aufgelistet.

„Sich gehend zu orientieren ist eine Aufgabe, die nur wenige richtungsweisende Hinweise benötigt. Haptische Displays, die Gewichts- und Formveränderung verwenden, könnten eine elegante Lösung darstellen, um BenutzerInnen solche Informationen unaufdringlich bereitzustellen.“

Systeme zur Gestenerkennung

Räumliche Wahrnehmung ist eine große Herausforderung für Blinde, da die Reichweite der Hände sehr klein ist und der Hörsinn nur gewisse räumliche Informationen wahrnimmt. Forscher experimentieren daher mit Systemen zur Gestenerkennung, häufig mit der weit verbreiteten Tiefenkamera Kinect. [Khambadkar und Folmer 2013 S. 1] schreiben über einen Prototypen, der Farbe, menschliche Präsenz und Tiefe wahrnehmen kann und per Handgesten gesteuert wird.

Der räumliche Wahrnehmungsradius von Blinden beschränkt sich derzeit vor allem auf Hände und Blindenstock, Systeme wie diese haben das Potential ihn in Zukunft deutlich zu erhöhen und auf entfernte Objekte und Personen auszudehnen.

3.3 Auswirkungen von Sehschädigungen auf Informationserwerb und -verarbeitung

3.3.1 Reichweite und Grenzen des Hör- und Tastsinns

Mit dem Ausfall des Sehsinns ist die wichtigste Quelle der Wahrnehmung in der Ferne betroffen. Für die Orientierung in der Umgebung ist für blinde Menschen der auditive Sinn ein wichtiger Ersatz, da er durch die Akustik des Raumes eine Abschätzung geschlossener Räumlichkeiten ermöglicht. Aber auch ein gut geschultes Gehör stößt bei unbewegten, stillen Objekten wie Baustellenabsperungen oder auch bei leisen Verkehrsmitteln an seine Grenzen. Außerdem verlangen Störgeräusche erhöhte kognitive Leistungen, um sie schlüssig zuordnen zu können.

Der taktile Sinn ist nur in direkter Reichweite des eigenen Körpers nutzbar und hat laut [Tinnes 2007 S. 14] folgende Eigenschaften:

„Der taktile Sinn ist weniger empfänglicher für Störungen, arbeitet präziser als der Hörsinn und ermöglicht somit die exaktere Lokalisierung eines Objektes; sein Auflösungsvermögen ist jedoch verglichen mit dem des Sehsinns begrenzt.“

Als Einschränkung ist die hohe kognitive Leistung zur Verarbeitung des Ertasteten zu nennen. Kleinere Objekte können - ähnlich wie beim Sehen – auf einmal wahrgenommen werden, größere jedoch nur sukzessiv ertastet werden. Der Blindenlangstock als am weitesten verbreitetes Navigationsmittel für blinde Menschen, dient zur Erweiterung des Tastsinns um einen Schritt voraus. Er liefert Informationen zu Bodenbeschaffenheit sowie Oberflächengestaltung an die BenutzerInnen, über Raumklang und Echo werden sogar Informationen über die Topographie der näheren Umgebung vermittelt [Wölfl und Leuprecht 2004 S. 8].

3.3.2 Kompensation des Sehverlusts durch Restsinne

[Renier et al. 2010] untersuchen die Gehirnaktivität von früh erblindeten Menschen und stellen fest, dass diese zur Verarbeitung und Speicherung von taktilen und auditiven Impulsen den visuellen Kortex des Gehirns nutzten. Dadurch verfügen sie über eine höhere Sinneskapazität und auch eine größere Gedächtnisleistung als normalsichtige Personen. „Das Erinnerungsvermögen substituiert die fehlende visuelle Rückkoppelung“ schreibt [Tinnes 2007 S. 16] und nennt als weiteren Grund: „Das Gedächtnis blinder Menschen wird durch das Einprägen taktiler Eindrücke permanent in Anspruch genommen (und somit trainiert).“

Die Erfahrungswelt sehbeeinträchtigter Menschen wird von [Walthes 2003 S. 27] anhand einiger Fallbeispiele dargestellt und gilt für sie als

„Beleg für die Isoliertheit der einzelnen Sinne. [...] d.h. das, was ich getastet habe, kann ich nicht automatisch auch visuell erkennen und umgekehrt. Die Annahme, das Auge bilde die Welt so ab, wie sie ist, erwies sich als falsch.“

Dies bedeutet, dass taktil und visuell gewonnene Sinneseindrücke eine unterschiedliche kognitive Repräsentation bedingen, jedoch vom menschlichen Gehirn zu einem Gesamteindruck kombiniert werden. [Röder 2004 S. 1] schreibt über die Vorteile dieser integrierten Verarbeitungsweise:

„Wie verschiedene Experimente gezeigt haben, ist die resultierende multisensorische Leistung höher als die, die auf Grund der Einzelleistungen der Sinnessysteme zu erwarten wäre. Anders gesagt: Steht die Information nicht nur für einen, sondern für mehrere Sinneskanäle bereit, wird die Wahrnehmung exakter. Deshalb verstehen wir zum Beispiel einen Sprecher besser, wenn wir ihn nicht nur hören, sondern gleichzeitig die Bewegungen seiner Lippen sehen.“

Die Gesamtwahrnehmung liefert also mehr Informationen als die Summe der Einzelwahrnehmungen. Daraus ergibt sich aber auch, dass der Verlust eines Sinnes

niemals gänzlich kompensiert werden kann. Über die daher notwendigen Hilfsmittel zum Zwecke der Orientierung schreiben [Wölfl und Leuprecht 2004 S. 8]:

„Um sich in ihrer Umwelt – insbesondere im Straßenverkehr – orientieren zu können, benötigen blinde Personen daher vorrangig akustische und taktile Elemente. Informationen müssen akustisch und ertastbar aufbereitet sein. Im öffentlichen Raum sind vor allem taktile Bodenleitlinien, akustische Lichtsignalanlagen sowie akustische Informationen im Zugangsbereich öffentlicher Verkehrsmittel von Bedeutung.“

3.3.3 Konsequenzen für den Informationstransfer

In der Informationstheorie spricht man von einem Übertragungskanal zum Austausch von Informationen zwischen Sender und Empfänger. Die Wahrnehmung der Außenwelt erfolgt über fünf Subkanäle, die den fünf Sinnen entsprechen.

Bei schwer sehbeeinträchtigten Personen erfolgt der Wissenstransfer hauptsächlich über den auditiven und taktilen Subkanal. Im vorherigen Kapitel wurde beschrieben, dass die Gesamtkapazität höher als die Summe der Einzelkapazitäten ist und diese somit durch den Ausfall des visuellen Subkanals herabgesetzt wird.

Digitale Inhalte sind großteils zur Übertragung über den visuellen Subkanal konzipiert. Um der geringeren Bandbreite des Hör- und Tastsinns gerecht zu werden, müssen sie an diese alternativen Übertragungsarten und an die jeweiligen Bedürfnisse der Zielgruppe angepasst werden. [Walther 2003 S. 9] schreibt über die unterschiedlichen Bedürfnisse sehbehinderter und blinder Empfänger:

„Geht es im ersten Fall darum, das vorhandene Sehvermögen und seine spezielle Diagnostik als Ausgangspunkt für Unterstützungsmaßnahmen zu wählen, so gilt es im zweiten Fall, Wahrnehmungsbedingungen bei Abwesenheit von Sehen zu finden und zu gestalten.“

Für die praktische Anwendung bedeutet dies, dass sich für Blinde auditive und taktile Formate wie Sprachausgabe oder Braille eignen, während für Sehbehinderte besser Formate geeignet sind, die ihr noch vorhandenes Sehvermögen nutzen [Tinnes 2007 S. 21].

3.4 Die Metapher der kognitiven Karte

Unser Orientierungssinn basiert auf einer mentalen Abbildung unserer Umgebung. Jeder Mensch baut individuell für sich eine sogenannte kognitive Karte auf und hält

darauf für ihn wichtige Orientierungspunkte fest. Dieser Ansatz wird erstmals von [Tolman 1948] anhand von Experimenten mit Ratten in Labyrinthen aufgezeigt.

Kognitive Karten sind kein statisches Konstrukt sondern eine Aktivität, die diese mentale Repräsentation jederzeit aktualisieren und erweitern kann. Die Fähigkeiten des kognitiven Kartierens werden durch Erfahrung und Lernen verändert und von [Downs und Stea 1977 S. 6; OZ 2] folgendermaßen beschrieben:

„Kognitives Kartieren ist eine Abstraktion all jener kognitiven und mentalen Fähigkeiten welche uns ermöglichen, Information über unsere räumliche Umgebung zu sammeln, organisieren, speichern, abrufen und manipulieren. Diese Fähigkeiten ändern sich mit dem Alter (oder Erfahrung) und Gebrauch (oder Lernen). Vor allem bezieht sich kognitives Kartieren auf den Prozess des Tuns: Eher ist es eine Aktivität mit der wir uns beschäftigen als ein Objekt das wir haben.“

Dabei darf die Kartenmetapher für mentale Abbildungen von räumlichem Wissen nicht wörtlich genommen werden. Zahlreiche empirische Untersuchungen der Kognitionspsychologie machen deutlich, dass kognitive Karten fragmentiert, verzerrt und unvollständig sind [Barkowsky 2002 S. 2]. Dieser Aspekt findet sich auch in der umfassenden Definition des Begriffs der kognitive Karte bei [Downs und Stea 1977 S. 6; OZ 3]:

„Eine kognitive Karte ist ein Produkt – die organisierte Repräsentation eines Teils der räumlichen Umgebung einer Person. [...] Am wichtigsten ist, dass die kognitive Karte ein Querschnitt ist, der die Welt an einem bestimmten Moment repräsentiert. Sie reflektiert die Welt so wie eine Person glaubt dass sie ist; sie muss nicht richtig sein. In der Tat sind Distorsionen sehr wahrscheinlich. Sie ist deine Vorstellung von der Welt und könnte nur schwach der Welt gleichen, die in kartographischen Karten oder Farbfotos wiedergegeben wird.“

Kognitive Karten variieren von Person zu Person, jedes Individuum speichert die für sie wichtigen Landmarken ab. Sie ist also eine subjektive Repräsentation basierend auf den Sinneseindrücken einer Person. Abbildung 8 zeigt eine humoristische Sicht von US-Amerikanern und Chinesen auf den für sie sehr kleinen Rest der Welt.

Die wichtigste Eigenschaft dieser mentalen Karte ist laut [Downs und Stea 1977 S. 58; OZ 4] ihre Fähigkeit, direkte Sinneswahrnehmungen ersetzen zu können:

„Kognitives Kartieren ermöglicht uns Erkennen durch Wahrnehmen zu ersetzen und gibt uns eine Landkarte für das zufällige Herumwandern ohne bestimmtes Muster.“

Für Blinde ist dieses mentale Modell somit die einzige Grundlage um sich ohne fremde Hilfe orientieren zu können und ist entscheidend für ihre Mobilität. Erfahrungen, die aus Interaktionen mit der Umwelt hervorgehen, können so zur Orientierung in einer neuen Umgebung einbezogen werden.

Mentale Abbildung vereinfachen die realen Landschaften durch Winkelvereinfachung, Linienbegradigung, Objektverschiebung und Gruppierung [Barkowsky 2002 S. 2]. Menschen tendieren dazu, Landschaftsmerkmale wie Flüsse oder Straßen in der geistigen Vorstellung zu begradigen und sich Kreuzungspunkte rechtwinklig vorzustellen. Außerdem ist die Abbildung der Welt in einer kognitiven Karte meist verzerrt: Gegenden, die man kennt, sind detaillierter abgebildet und nehmen überproportional mehr Raum ein als fremde Gegenden.



Abbildung 8: Humoristische Darstellungen unserer subjektiven Sicht auf die Welt. Links *The New Yorker* (März 1976) [Wikipedia 2010] und rechts *The Economist* (März 2009) [The Economist 2009].

Bernhard Stöger, blinder Mitarbeiter am Institut Integriert Studieren, gibt Einblick in seine mentale Abbildung von geografischen Daten. Im Zusammenhang mit der Vereinfachung der realen Landschaften erklärt [Stöger 2013]:

„Ich habe eine Phobie vor Kurven, meine Vorstellung von der Welt ist rechtwinkelig. Die Stadt, mit ihrem Straßennetz als Orientierungsraster macht es mir einfacher, mich zurechtzufinden. Aber am Land, oder auch in größeren Parks in der Stadt, wie etwa dem sehr

verwinkelten Park des Wagner-Jauregg Krankenhauses in Linz, besteht die Gefahr, mich durch eine einzige nicht rechtwinkelige Abzweigung zu verirren.“

Weiters bestätigt [Stöger 2013] die vorher schon angesprochene Problematik der Kartenmetapher, indem er beschreibt, wie er ortsbezogenen Informationen ablegt:

„Mein Bild von der Umgebung, das im Laufe eines ausgedehnten und lang andauernden Studiums ganz allmählich in mir entsteht, gleicht, wenn man von der schon diskutierten Rechtwinkligkeit mal absieht, eher einer Folge von Listen mit Namen als einer schönen, anschaulichen Karte.“

Diese Erklärung des Speicherns der Umgebung als zusammenhängende Liste von Namen bringt ihn dazu, sich als einen „lexikalischen blinden Menschen“ zu bezeichnen. Diese Selbstbezeichnung erklärt [Stöger 2013] folgendermaßen:

Ich muss immer alles benennen können, am besten mit dem "richtigen" Namen, in aller Regel mit dem, den auch andere Menschen verstehen. Beispiel: habe ich mich verirrt, dann werde ich, so mir ein Passant helfen möchte, etwa sagen: "Könnten sie mich bitte an die Kreuzung Brucknerstraße/Hasnerstraße bringen". Dies setzt voraus, dass mein Helfer die Namen kennt, was oft nicht der Fall ist denn viele Menschen wollen mehr anschauliche Beschreibungen, wie etwa: Zur Kirche, hinter den Billa, gegenüber der Hauptschule etc. Das sind eher assoziative Beschreibungen, keine punktgenauen.

Dass nicht alles in dieser Welt einen festen und verbindlichen Namen hat und genaue Ortsangaben in nicht-rechtwinkeligen Umgebungen schwierig zu tätigen sind, bedeutet für ihn ein großes Problem. [Stöger 2013] erzählt zwei Beispiele aus dem Alltag an der Universität:

„Um bei dem Beispiel des Verirrens zu bleiben: Am Uni-Campus gibt es eine Reihe von Wegerln, Durchgängen, Gässchen etc., die schlicht und einfach keinen allgemein bekannten Namen haben, die ich aber für meine Orientierung brauche. In einem solchen Fall hab ich meine Schwierigkeiten, jemandem klar zu machen, in welches "Wegerl" ich hinein möchte, und mit assoziativen Beschreibungen generiere ich weit eher Missverständnisse als erfolgreiche Kommunikation.

Möchte ich nach Verlassen eines Versammlungsraumes wieder auf meinen Sitzplatz zurück, so hab ich meine liebe Not, zu erklären, wo sich dieser denn befinde. Adressierungen wie "vierte Reihe, dritter platz von links" gehen nur, wenn es sich um eine streng rechteckige Anordnung von Tischen und Plätzen handelt, was weit nicht immer der Fall ist. Ich wäre für Sitzplatz-Koordinaten.“

Diese Aussagen geben einen guten Einblick in die mentale Abbildung von ortsbezogenen Informationen bei blinden Personen und zeigen die Problematik ungenauer Bezeichnungen auf.

4 Barrierefreie Geodaten für sehbeeinträchtigte Personen

Dieses Kapitel beginnt mit der Beschreibung der Semantik von Karten. Danach werden barrierefreie Techniken und deren Anwendung auf Karten vorgestellt. Aufbauend auf den Erkenntnissen der vorhergehenden Kapitel werden abschließend Benutzeranforderungen an barrierefreie Karten definiert.

4.1 Die semantische Ebene von Karten

Wie in Abschnitt 3.3 (siehe S. 27) ausgeführt, bedingen Einschränkungen und Ausfall des Sehsinns eine verstärkte Nutzung des Hör- und Tastsinns. Um sehbeeinträchtigten Personen die gleiche oder zumindest eine ausreichende Teilmenge der Daten einer visuellen Karte anzubieten, muss deren Präsentation angepasst werden.

Es existiert jedoch noch kein Standard welcher definiert, wie visuelle Karten für Menschen mit Sehbeeinträchtigungen zugänglich gemacht werden können [Miesenberger und Koutny 2012]. Die Schwierigkeiten bei der allgemeingültigen Erstellung barrierefreier Karten hängen mit der im Vergleich zum visuellen Kanal sehr beschränkten Bandbreite des taktilen und auditiven Subkanals zusammen. [Zeng und Weber 2011 S. 7; OZ 5] schreiben:

„Sehende KartenleserInnen gewinnen Informationen aus visuellen Textbeschreibungen, einer Vielzahl von Farben und Stilen als auch Linienstärken. Sehbeeinträchtigte Personen sind auf Ohren und Finger angewiesen, um die Karten zu erkunden und alle gleichzeitig beinhaltenden Informationen zu erfassen.“

Die semantische Ebene einer visuellen Karte ist also sehr komprimiert. Dies macht es schwierig, die selbe detaillierte Information ohne visuelle Mittel zu kommunizieren.

Karten sind aber nicht nur eine Ansammlung der dargestellten Plätze, sondern vor allem, wie diese zueinander in Beziehung stehen. Die hohen Anforderungen an die Semantik von Geodaten beschreiben [Höckner et al. 2012 S. 539; OZ 6]:

„Verbale Beschreibungen von Karten und die Bereitstellung sinnvoller Information für die BenutzerIn, stellt hohe Anforderungen an die Semantik. Daten, z.B. der Inhalt räumlicher Datenbanken, müssen miteinander in aussagekräftiger Beziehung stehen um Information, Wissen, und damit besseres Verstehen von (städtischem) Raum, hervorzubringen.“

Der heute gängige Ansatz zur Darstellung von OSM-Daten im Web als Rasterkarten (siehe Abschnitt 2.1.2, S. 16) hat einen entscheidenden Nachteil: Durch Umwandlung der Geodaten in Bitmaps geht deren semantische Information fast komplett verloren. So unterscheidet sich eine Straße von ihrem Namen nur durch die Farbe der Pixels, sie ist jedoch nicht separat semantisch ausgezeichnet. [Horstmann et al. 2006 S. 70; OZ 7] beschreiben das daraus entstehende Problem für behinderte Personen:

„Sehbeeinträchtigte und blinde Personen können das Layout einer Karte nicht sehen, Analphabeten haben keinen Zugang zum Text in Karten, Personen mit motorischen Defiziten können nicht auf kleine Kartenelemente zeigen, da keine Möglichkeit zum Hineinzoomen nach semantischer Art eines Fischaugen-Objektives besteht.“

Barrierefreie Karten müssen also andere Techniken verwenden um eine barrierefreie Gestaltung zu erreichen.

4.2 Techniken zur Gestaltung barrierefreier Karten

Nachfolgend werden bewährte Techniken und deren Anwendung auf die Gestaltung barrierefreier Karten vorgestellt.

4.2.1 Taktile Karten

Statische taktile Karten - auch als Blindenkarten bezeichnet - werden oft als Übersichtskarten an touristischen Plätzen aufgestellt. Die Beschriftung erfolgt üblicherweise in Brailleschrift.

Da keine automatische Konvertierung von visuellen in taktile Karten möglich ist, müssen diese neu gestaltet werden [Horstmann et al. 2006 S. 70]. Die Herstellung ist somit zeit- und kostenintensiv und das obwohl der Informationsgehalt im Vergleich zu visuellen Karten gering ist. Projekte basierend auf OSM haben den Vorteil, dass sie auf die zugrundeliegenden Geodaten aufsetzen und universellere und billigere Lösungen bereitstellen können. [Schuhmann 2013] beschreibt ein Verfahren zum automatisierten 3D Drucken von Karten aus Kunststoff. [Hänßgen 2012] stellt Karten durch automatisiertes Prägen von Karten auf Braille-Papier und Kupferblech

her. Abbildung 9 zeigt eine nach dieser Technik automatisiert hergestellte Karte auf Kupferblech.

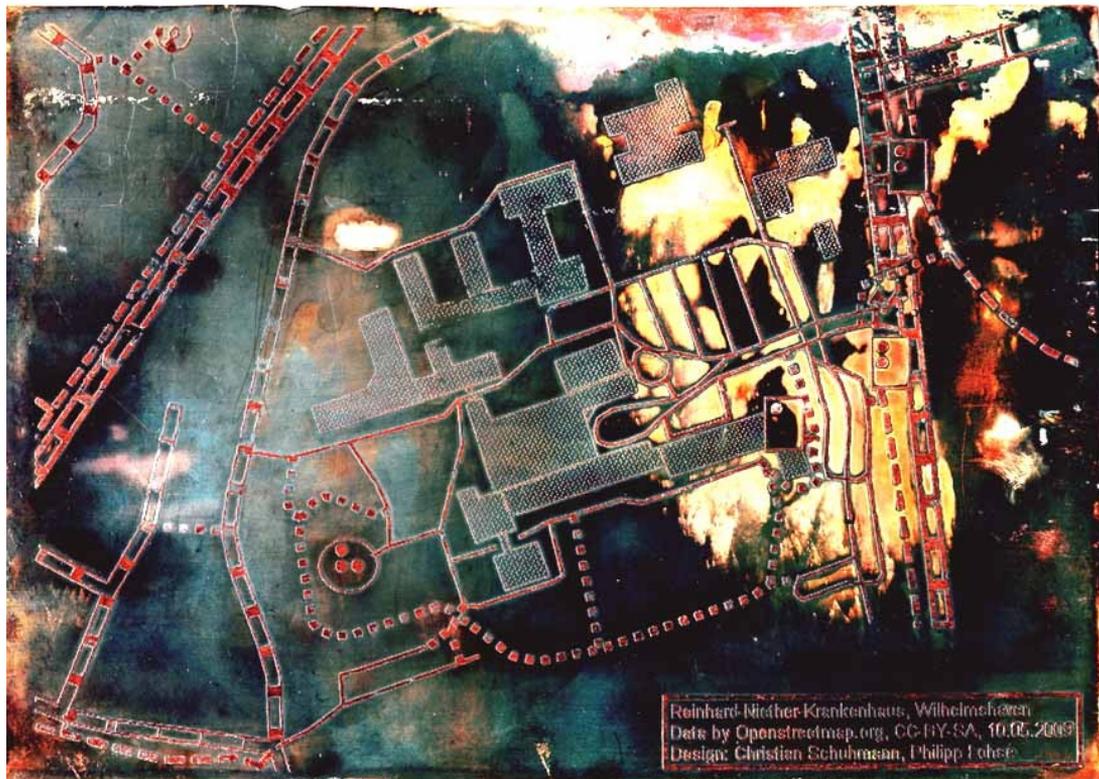


Abbildung 9: Automatisch hergestellte Karte auf Kupferblech basierend auf Daten von OSM [Bahnpirat 2009].

4.2.2 Haptische Karten

Erweitert man taktile Karten um Feedback, so erhält man interaktive taktile Karten. Von haptischen Karten spricht man, wenn das Feedback durch Vibration oder Kraftrückkopplung gegeben wird.

[Brock et al. 2010 S. 248] beschreiben einen Prototypen, der eine taktile Karte mit einem Multitouchdisplay kombiniert und so eine interaktive multimodale Karte für Blinde ermöglicht.

HaptoRender¹⁶ hat das Ziel einen Renderer für taktile Karten basierend auf OSM-Daten anzubieten. Einerseits lassen sich durch diesen Renderer taktile 3D-Karten drucken, andererseits können diese für Sehbeeinträchtigte interessanten Informationen auch zur Navigation auf mobilen Geräten verwendet werden. Dadurch

¹⁶ Siehe <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/DE:HaptoRender>

soll es möglich werden, taktile und haptische Karten sowohl aus aktuellen Daten zu erstellen, als auch sie für die jeweilige Zielgruppe oder die individuellen Anforderungen, zu personalisieren.

Audiofeedback ist bei störendem Umgebungslärm nur schwer verständlich und kann alternativ durch Vibrationen kodiert werden. HaptiMap¹⁷ ist ein langjähriges Forschungsprojekt zu haptischen, auditiven und visuellen Interfaces für Karten und standortbezogene Dienste. Als Ergebnis zur Forschung mit dem Ziel, visuelles um multimodales Feedback zu bereichern als auch zu ersetzen, wurde das HaptiMap Toolkit veröffentlicht. Abbildung 10 zeigt eine mit HaptiMap erstellte Richtungsanzeige, die wahlweise auch per Ton oder Vibration an die BenutzerIn ausgegeben wird.

Dieses Open Source Softwarepaket unterstützt Entwickler beim Erstellen von mobilen Anwendungen mit Funktionalitäten der Barrierefreiheit. Exemplarisch werden folgende zwei Projekte basierend auf diesem Toolkit genannt. The Lund Time Machine ist eine Applikation, die Touristen durch Vibrationsfeedback über historische Rundgänge führt und ihnen Klangbilder aus der Vergangenheit vorspielt [Szymczak et al. 2012 S. 335]. Tacticycle ist ein Routenführer für explorative Fahrradausflüge, der Richtungsangaben durch Vibrationsfeedback in den Fahrradhandgriffen wiedergibt [Pielot et al. 2012 S. 369].

Dieser Ansatz bringt eine erweiterte Realität bei gleichzeitiger Wahrnehmbarkeit der Umgebung, also ohne die Notwendigkeit auf das Display eines Mobilgerätes zu schauen. [Szymczak et al. 2012 S. 335; OZ 8] bestätigen den Nutzen dieses Ansatzes:

„Die Evaluierung zeigt, dass der Führer es BenutzerInnen ermöglicht, erweiterte Realität zu erleben unter gleichzeitiger im Auge behalten der Umgebung (im Gegensatz zur üblichen schlüssellochähnlichen Erfahrung welche erweiterte Realität am Display hervorruft). Die Evaluierung bestätigt auch die Zweckmäßigkeit der Ausweitung von Vibrationsfeedback zum Überliefern sowohl von Entfernung als auch von Richtungsinformation.“

4.2.3 Akustische Karten

Digitale akustische Karten geben eine verbale Beschreibung der Kartenelemente. AccessibleMap¹⁸ beschäftigt sich mit der Verknüpfung von visuellen und akustischen Gestaltungsmittel. Darin werden Raumzusammenhänge durch eine

¹⁷ Siehe <http://haptimap.org/>

¹⁸ Siehe <http://accessible.map.at/>

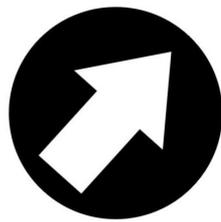
zusätzliche akustische Beschreibung eines Stadtplanes erklärt. Für Richtungsangaben bevorzugen BenutzerInnen den Gebrauch des Stundensystems [Sánchez und Torre 2010 S. 196f]. Abbildung 11 zeigt, dass die BenutzerIn immer Richtung 12 Uhr schaut, Richtungsänderungen sind so einfacher als mit Gradangaben umzusetzen. [Neuschmid et al. 2012 S. 345] geben ein Beispiel für eine gesprochene Beschreibung:

„Straße A zweigt bei 1 Uhr (entspricht ca. 20 Grad) von Straße B ab. Straße C zweigt bei 11 Uhr (entspricht ca. 340 Grad) von Straße B ab, d. h. Y Kreuzung bzw. drei-strahlige-Kreuzung.“

Mithilfe einer semantischen Erklärung der geometrischen Formen von Straßen, Kreuzungen, Plätzen und Gebäudegrundrissen und vorhandener POIs wird so eine umfassende verbale Beschreibung eines Stadtplanes erzeugt [Neuschmid et al. 2012 S. 346].



Abstand: 51.143 km
Genauigkeit: 48 m



Ton | Vibration

Abbildung 10: Beispiel einer mit HaptiMap erstellten Richtungsanzeige, die auch per Ton oder Vibration ausgegeben wird [GeoMobile 2013].



Abbildung 11: Beschreibung der Richtungsangabe mit Hilfe des Stundensystems nach [Sánchez und Torre 2010 S. 196f].

Andere Ansätze kodieren Kartenelemente in nicht-verbale räumliche Klänge [Heuten et al. 2007] [Sánchez und Torre 2010].

4.2.4 Multimodale Designansätze auf Geräten mit Touchscreen

In Abschnitt 3.3.2 (siehe S. 28) wird ausgeführt, dass die Wahrnehmungen der menschlichen Sinne vom Gehirn zu einem Gesamteindruck kombiniert werden. Diese integrierte Verarbeitungsweise ergibt eine höhere Leistung als die Summe der

einzelnen Sinneswahrnehmungen. Das heißt also, dass multimodale Informationsdarstellungen eine Leistungssteigerung bewirken.

Ariadne-GPS¹⁹ ist eine populäre Anwendung für Mobilgeräte, die eine taktile Erkundung einer visuellen Karte ermöglicht. Streicht die BenutzerIn z.B. über eine Straße, so wird der Name genannt, berührt sie einen Fluss, so wird plätscherndes Wasser hörbar.

[Poppinga et al. 2011] beschreiben eine mögliche Implementierung dieser Technologie auf Basis von OSM und kombinieren dabei Vibrations- und Sprachfeedback.

4.3 Funktionale Ansätze für barrierefreie Karten

Nach diesen technischen Ansätzen werden nun einige Funktionen von barrierefreien Kartenprojekten herausgegriffen.

4.3.1 Für Screenreader lesbare visuelle Karten

Das Prinzip der Textäquivalenz in der Barrierefreiheit (siehe Abschnitt 1.1.1, S. 5) und deren konkrete Umsetzung anhand der WCAG 2.0 erfordert, dass alle Grafiken mit sinnvollem Text beschrieben werden. Der hohe Informationsgehalt auch eines kleinen Kartenausschnittes macht es schwierig, diesen vollständig und sinngemäß zu beschreiben. Auch wenn eine visuelle Karte standardkonform bezüglich Barrierefreiheit umgesetzt werden kann, heißt das nicht, dass die Karte auch gleichwertig von Menschen mit Sehbeeinträchtigung verwendet werden kann. Daher werden hier stellvertretend zwei Projekte vorgestellt, die semantische Karteninformationen textuell zur Verfügung stellen. Dies ermöglicht einen einfachen Zugriff über Screenreader.

Look-and-Listen-Map²⁰ ist ein Text-basierter Online-Straßenkarten-Dienst basierend auf OSM. Zur aktuellen Position sowie zu umliegenden Objekten und Wegen wird eine textuelle Beschreibungen ausgegeben. Auch ein rudimentäres Routingservice in Textform ist vorhanden. Interessant ist die geplante barrierefreie Editiermöglichkeit für Sehgeschädigte. Es soll die Möglichkeit geschaffen werden, dass BenutzerInnen auch ohne grafisches Interface POIs eintragen, löschen oder Informationen hinzufügen bzw. korrigieren können.

¹⁹ Siehe <http://www.ariadnegps.eu/>

²⁰ Siehe <http://www.look-and-listen-map.net/>

Das schon angesprochene AccessibleMap (siehe Abschnitt 4.2.3, S. 36) stellt der BenutzerIn semantische Informationen wie Breite und Länge zu Straßen, aber auch zu nahen Kreuzungen und POIs, als Text bereit. Das Projekt bewegt sich damit in Richtung der noch kaum zufriedenstellend gelösten Umgebungsbeschreibung. Diese wäre für Blinde sehr interessant, da sie sich so einen besseren „Überblick“ über ihre Umgebung schaffen könnten.

4.3.2 Personalisierbare Karten

[Jeffrey and Fendley 2011 S. 1f; OZ 9] beschreiben, wie personalisierbare Kartenlösungen einen Beitrag zur Inklusion sehbeeinträchtigter Menschen leisten können:

„Durch die Schaffung von Kartenlösungen, die ausreichend anpassungsfähig sind, sich je nach Bedürfnissen der BenutzerInnen zu ändern; die zentral verfügbar für verschiedene Organisationen sind und die mit assistierenden Technologien funktionieren. Menschen werden sich inkludiert fühlen und fähig sein, die Stadt sicher und selbstständig zu erkunden, wenn sie während ihrer Reise auf die Karte dermaßen Zugriff haben, wie sie es bevorzugen, Informationen zu beziehen.“

Wie in Abschnitt 3.3.3 (siehe S. 29) erklärt, sollten Inhalte an die jeweiligen Bedürfnisse der Zielgruppe angepasst werden. [Jeffrey and Fendley 2011 S. 7f; OZ 10] nennen eine Reihe von Beispielen zur Anpassung der Karte und ihrer Inhalte an Bedürfnisse und Fähigkeiten der BenutzerInnen:

„Dies könnte beinhalten, gewünschte Farbkombinationen auszuwählen oder auch die komplette Deaktivierung von Farbe; größere Schriften und weniger Details oder kleinere Schriften und mehr Details; größere Gebäudeillustrationen, Fotos oder die Deaktivierung von Grafiken [...] Leute könnten Informationen je nach Zweck der Reise und ihrer persönlichen Anforderungen auswählen.“

Ein weiteres personalisierbares Element kann der Radius der zu beschreibenden Umgebung sein, der es ermöglicht, die Anzahl der dargestellten Objekte zu beschränken [Heuten et al. 2007].

Viator, eine mobile Anwendung für barrierefreie Routenplanung im öffentlichen Verkehr, ermöglicht die Art der Beeinträchtigung anzugeben [Narzt 2013]. So erhalten z.B. blinde Personen keine visuelle, sondern nur eine textuelle, für Screenreader lesbare Routenbeschreibung und zusätzlich, auf ihre Behinderung bezogene Anweisungen zu neuralgischen Punkten. Weiters ermöglicht Viator an

bestimmten Orten persönliche Kommentare und Anweisungen zu hinterlassen und somit das Service für zukünftige BenutzerInnen zu verbessern.

4.4 Inklusive Designelemente barrierefreier Karten

Visuelle Karten sind sehr nützlich für räumliches Verständnis, können aber nie komplett barrierefrei umgesetzt werden. Nach Definition ist Barrierefreiheit eine Kategorie von Benutzerfreundlichkeit. Software, die nicht brauchbar für eine bestimmte BenutzerIn verwendbar ist, ist für sie unnutzbar. Nachfolgend soll untersucht werden, welche Elemente essentiell zum Verständnis einer Karte sind und somit sehgeschädigten Personen in angepasster Form präsentiert werden sollten.

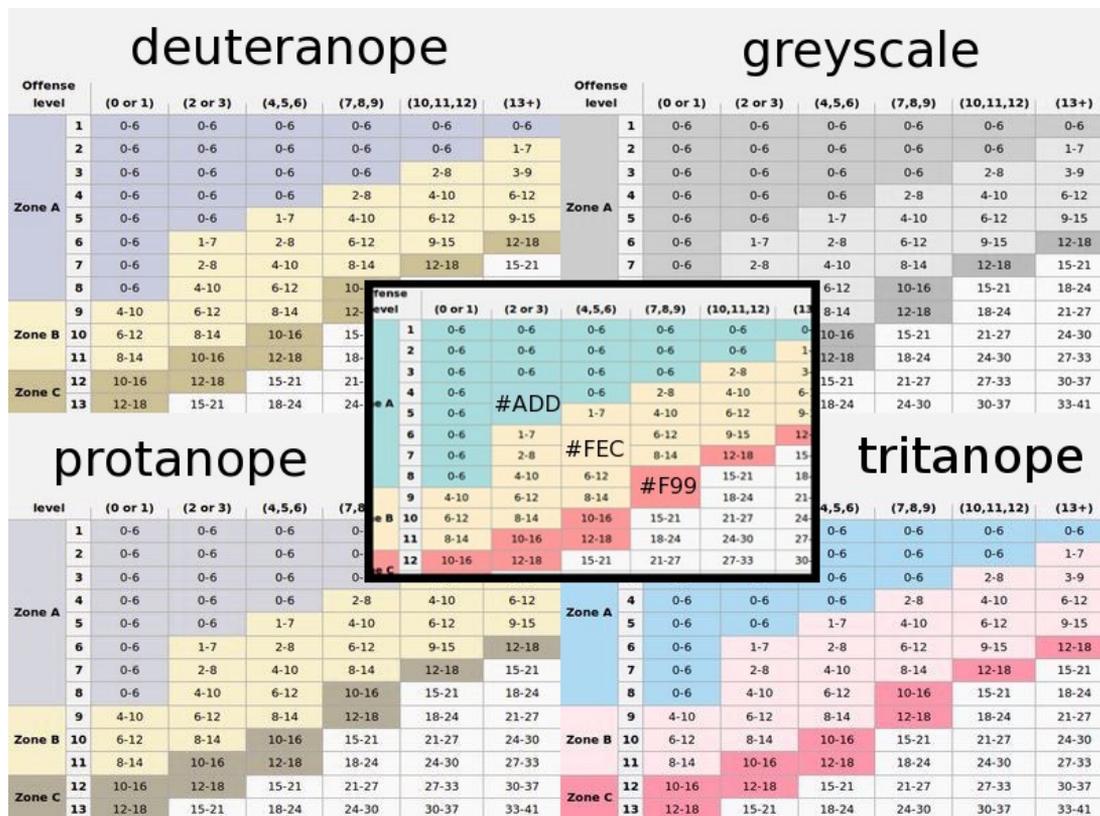


Abbildung 12: Farbttest mit Webfarben. Zentraler Bereich zeigt Auswahl die sicherstellt, dass Informationen für die vier häufigsten Arten der Farbfehlsichtigkeit nicht verlorengehen [Wikipedia 2012].

Um die Benutzeranforderungen an das Projekt AccessibleMap herauszufinden, wurde eine Online-Befragung bei blinden und sehbeeinträchtigen Personen durchgeführt. Trotz hoher Internetnutzung gaben nur 56% der Befragten an, Online-Karten zu verwenden. Als Gründe wurden unter anderem genannt, dass sie

nicht einfach zu benutzen sind, dass sie keine verbale Beschreibung ihrer Inhalte anbieten und dass sie nicht von Screenreadern interpretiert werden können [Hennig et al. 2012 S. 629]. Die Interviewten gaben an, dass sie Online-Karten zwar für Adresssuche und Navigation verwenden, jedoch nicht um eine Gegend kennenzulernen [Hennig et al. 2012 S. 630]. Daher sollten Web-Karten, neben Zoomen und Ausschnitt verschieben, eine einfache Suche, Navigation und Entdeckungsfunktionen anbieten.

Zusammengefasst kann als Ergebnis der Studie genannt werden, dass die Hauptmerkmale beim Verbessern des Kartendesigns bezüglich Barrierefreiheit auf Farbwahl, Farbkontrast zwischen verschiedenen Objekten und Schriftgrößen liegen müssen [Hennig et al. 2012 S. 631].

Der Farbabstand von Kartenelementen hat einen großen Einfluss auf ihre Lesbarkeit [Brychtová und Popelka 2013]. Für sehbeeinträchtigte Personen ist es um so wichtiger, dass Gebäude, Straßen, Grünzonen, etc. einen großen Farbabstand untereinander aufweisen. Besonderer Augenmerk sollte beim Farbdesign auf die weite Verbreitung von Farbfehlsichtigkeit (siehe Abschnitt 3.1.4, S. 23) genommen werden. Abbildung 12 zeigt die Darstellung von ausgewählten Webfarben für vier Arten der Farbfehlsichtigkeit und somit eine in dieser Hinsicht sichere Farbpalette.

Sehbeeinträchtigte und blinde Menschen brauchen zusätzliche Informationen um sich auf Karten zurechtzufinden. Basierend auf der Literaturrecherche und der BenutzerInnenbefragung von [Hennig et al. 2012] werden in Tabelle 3 die wichtigsten Elemente vorgestellt. Sie dienen als Grundlage der Definition der Kernanforderungen im nächsten Kapitel.

Informationskategorie	Exemplarische Information
Taktil	Oberflächenbeschaffenheit von Straßen und Fußwegen inklusive Veränderungen (Kanaldeckel, Unregelmäßigkeiten), Bodenindikatoren, Bordsteinkanten, steile Steigungen und Gefälle.
Auditiv	Verkehrssampeln mit Audiosignalen, Akustik der Umgebung (Wasser, Verkehr, Unterführungen, Hauswände, große Kreuzungen).

Informationskategorie	Exemplarische Information
Geruchlich	Geruch von Gärten, Geschäften, Kaffeehäusern und Restaurants.
Allgemeine Information	Straßen- und Kreuzungsnamen, Straßenverlauf und -richtung (Einbahnstraße), Fußgängerkreuzungen (mit Layout und genauer Beschreibung falls sie komplex sind), Straßenbreite, Anzahl der Fahrbahnen, Brücken, Umgebung der Straßen, aktuelle Straßenarbeiten, gemeinsame Fahrrad- und Fußwege, Fußgängerzonen, Ein- und Ausgänge, Gehzeiten in Minuten und Metern.
Öffentlicher Verkehr	Bushaltestellen, Straßenbahnhaltestellen, Ubnahstationen, Taxistände, Bahnhöfe.
Nützliche Gebäude und Orientierungspunkte	Öffentliche Gebäude (Büro, Behörde, Theater, Museum), Plätze des öffentlichen Interesses, Gesundheitseinrichtungen (Spital, Arztpraxis), Supermärkte, Geschäfte, Restaurants, Hotels, Parks, Grünflächen.
Orientierungssysteme für blinde Personen	Zäune, Hauswände, Büsche, Straßenbelag.
Routenplanung	Genaue textuelle Beschreibung inklusive Zeit und Richtung.

Tabelle 3: Die wichtigsten von Sehgeschädigten in Stadtplänen benötigten Informationen [Hennig et al. 2012 S. 632; OZ 11].

So wichtig wie die Entscheidung, was zu inkludieren, ist jene, was weggelassen werden soll. Barrierefrei Benutzerschnittstellen sollten eine Informationsüberladung vermeiden, also ein einfaches visuelles Design verwenden und nur die wichtigsten Funktionen über Buttons und Menüs anbieten [Hung 2001 S. 8f].

5 FlexiMap: Eine personalisierbare Vektorkarte

Wie im vorhergehenden Kapitel ausgeführt, ist es unmöglich, eine universelle Karte für alle Zwecke anzubieten. Digitale Technologien eröffnen die Möglichkeit, einerseits besser auf Art und Umfang der jeweiligen Sehschwäche einzugehen und andererseits, persönliche Vorlieben und Fähigkeiten besser zu berücksichtigen.

Dieses Kapitel beschreibt die Entwicklung eines Prototypen zur barrierefreien Kartendarstellung. Zuerst werden die Kernanforderungen spezifiziert um anschließend die technische Umsetzung vorzustellen.

5.1 Kernanforderungen

Basierend auf die in Kapitel 4 vorgestellten praktischen Ansätze zum Design barrierefreier Karten und inklusiver Designelemente, werden nachfolgend die Kernanforderungen an den Prototypen genannt. Grundsätzlich beziehen sich diese Anforderungen auf eine visuelle Karte für Personen mit Sehschädigung.

5.1.1 Zielgruppenprofile

Der Prototyp richtet sich an sehgeschädigte - aber nicht an blinde – Personen. Unterschieden wird zwischen Personen mit geringer Sehkraft und Personen mit Farbfehlsichtigkeit. Wählt man eines dieser Profile aus, so soll eine auf die Eigenschaften dieser Beeinträchtigung abgestimmte Karte angezeigt werden.

Der Prototyp sollte also voreingestellte Profile für diese zwei BenutzerInnengruppen anbieten. Das ausgewählte Profil sollte nachfolgend auf die individuellen Bedürfnisse angepasst werden können.

5.1.2 Personalisierbare Parameter

Die große Bandbreite an oft sehr individuellen Ausprägungen von Sehschädigungen erfordert, dass die BenutzerInnen selbstständig Anpassungen am vorgeschlagenen Profil vornehmen können (siehe Abschnitt 4.3.2, S. 39). Daher sollten im Prototypen folgende Parameter personalisierbar sein:

- Farben der wichtigsten Designelemente,
- Kontraste,

- Schriftart und -größe der Kartenbeschriftungen.

5.1.3 Textuelle Repräsentation relevanter Geodaten

Barrierefreiheit definiert, dass die Information gut strukturiert sein muss um sie gezielt ansteuerbar zu machen (siehe Abschnitt 1.1.4, S. 6). Weiters setzt sie voraus, dass für alle relevanten Nicht-Text-Inhalte eine Textalternative besteht (siehe Abschnitt 1.1.1, S. 5). Daraus wird die Anforderung abgeleitet, dass alle auf der Karte enthaltenen Straßennamen und POIs zusätzlich als textuelle Liste anzuzeigen sind.

5.1.4 Persistierung von Einstellungen

Um die individuellen Vorlieben sehbeeinträchtigter Personen zu respektieren, sollten Standardeinstellungen direkt vom Betriebssystem übernommen werden (siehe Abschnitt 3.2 S. 24). Daraus wird die Anforderung abgeleitet, Hintergrundfarbe und Textgröße vom Betriebssystem der BenutzerIn zu übernehmen.

Andererseits sollten die von der BenutzerIn vorgenommenen Anpassungen der zur Verfügung gestellten Parameter für den nächsten Besuch gespeichert werden.

5.2 Überblick über Technologie

Bei Rasterkarten erfolgt die Darstellung anhand von Bitmap-Grafiken, wodurch die semantische Ebene der Karten weitgehend verloren geht (siehe Abschnitt 4.1, S. 33). Um diese Einschränkung zu umgehen, wird nachfolgend die Umsetzung einer personalisierbaren Karte mit Hilfe von Vektor-Grafiken vorgestellt.

5.2.1 Vektordatendarstellung im Browser

Um die in einer Karte enthaltenen Informationen an die Bedürfnisse der BenutzerIn angepasst darzustellen, muss ein Zugriff auf die Semantik der Karte bestehen. Auch wenn es Softwaresysteme gibt, die semantische Informationen aus Bitmap-Grafiken extrahieren können [Horstmann et al. 2006], so macht dieser Ansatz durch den durch OSM bereitgestellten direkten Zugriff auf die Geodaten nicht mehr viel Sinn.

Die Lösung besteht darin, anstatt der standardmäßigen Verwendung von Bitmaps, Vektordaten vom Browser grafisch darstellen zu lassen. Dadurch wird die semantische Ebene erhalten und kann zur Personalisierung der Karte verwendet werden.

Die grafische Darstellung der Vektordaten kann über [SVG](#), [HTML5 Canvas](#) oder [WebGL](#) erfolgen. [SVG](#) ist ein vom [W3C](#) standardisiertes Vektor-Grafikformat, das von allen modernen Browsern dargestellt werden kann. Ein Vorteil gegenüber [Canvas](#) ist, dass [SVG](#) Event Handler, *:hover* Pseudoklassen und Tooltips bietet. [WebGL](#) ist eine [Javascript](#) API zur Darstellung interaktiver 3D-Grafiken und ist bezüglich Performance [SVG](#) überlegen.

Basierend auf [WebGL](#) gibt es zahlreiche Open Source Ansätze wie [OpenLayers3](#)²¹ und [gl-solar](#)²². Andere Projekte wie [OpenStreetMap 3D Viewer](#)²³ und [OpenWebGlobe](#)²⁴ konzentrieren sich auf die 3D-Darstellung mit [WebGL](#).

Für den Prototypen wurde [SVG](#) als Technologie ausgewählt. Hauptgrund dafür ist die Existenz von brauchbaren Bibliotheken, die es ermöglichen, die gestellten Kernanforderungen umzusetzen. Ausgehend von [vector-osm](#)²⁵ wurde ein Prototyp erstellt, der nachfolgend beschrieben wird.

5.2.2 Basisarchitektur

OSM bietet direkten Zugriff auf die Geodaten, zur Auswahl des anzuzeigenden Ausschnittes im Browser braucht es jedoch einen koordinierten Zugriff. [Leaflet](#)²⁶ ist eine weit verbreitete JavaScript-Bibliothek zur Darstellung von Web-Karten. Für den Prototypen bietet [leaflet](#) eine einfache Interaktion mit der Karte. Vom jeweils ausgewählten Kartenausschnitt werden für jede Karten-Kachel per [HTTP](#)-Request - durch Mitgabe von Längengrad, Breitengrad und Zoomfaktor - die Geodaten vom Server angefordert.

Für OSM gibt es einige experimentelle Services, die Vektor-Kacheln anbieten. [Mapnik Vector Tiles](#)²⁷ stellt die Daten, aufgeteilt in thematische Layer wie Straßen, Straßennamen, Gebäude, POI, Widmung (wie Park, Wald, Industrie, etc.) und Gewässer, zur Verfügung. Basierend auf [TileStache](#)²⁸ und [Mapnik](#)²⁹ werden die

21 Siehe <http://ol3js.org/>

22 Siehe <http://mike.teczno.com/notes/gl-solar-webgl-openstreetmap.html>

23 Siehe <https://github.com/xml3d/osmxml3d>

24 Siehe <http://swiss3d.openwebglobe.org/>

25 Siehe <https://github.com/rsudekum/vector-osm>

26 Siehe <http://leafletjs.com/>

27 Siehe <http://openstreetmap.us/~migurski/vector-datasource/>

28 Siehe <http://tilestache.org/>

29 Siehe <http://mapnik.org/>

gewünschten Informationen aus den OSM-Basisdaten zusammengestellt und im GeoJSON-Format über HTTP-Response an den Browser zurückgegeben.

Mit Hilfe des Visualisierungstoolkits D3.js³⁰ werden die GeoJSON-Dateien in ein SVG-Dokument umgewandelt und vom Browser als visuelle Karte gerendert. Abbildung 13 gibt einen schematischen Überblick über die zugrundeliegende Basisarchitektur.

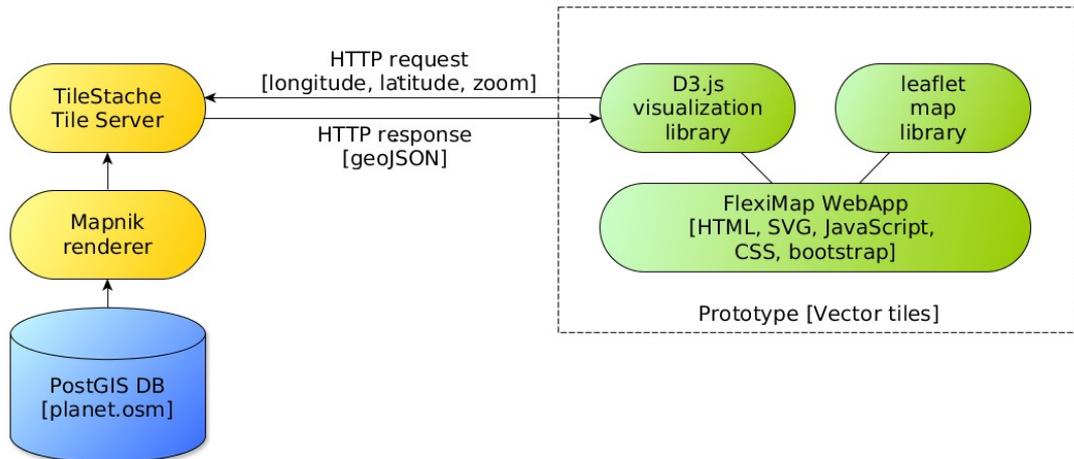


Abbildung 13: Basisarchitektur des Prototypen.

Der Sourcecode des Prototypen steht auf Github bereit³¹, eine Version zum Ausprobieren ist auf dieser Webseite³² verfügbar.

5.2.3 Umsetzung der Kernanforderungen

Nachfolgend wird die technische Umsetzung der in Abschnitt 5.1 (siehe S. 43) beschriebenen Kernanforderungen erklärt.

Zielgruppenprofile

Die Umsetzung des BenutzerInnenprofils für Personen mit geringer Sehkraft erfolgte anhand einer sehr kontrastreichen Schwarz-Weiß-Darstellung. Es wurde den Toner-Karten³³ von Stamen Design nachempfunden, die von OSM als Beispielkarten für sehbeeinträchtigte Personen genannt werden.

³⁰ Siehe <http://d3js.org/>

³¹ Siehe <https://github.com/geraldo/FlexiMap>

³² Siehe <http://go.yuri.at/FlexiMap/>

³³ Siehe <http://maps.stamen.com/toner/#16/48.3367/14.3174>

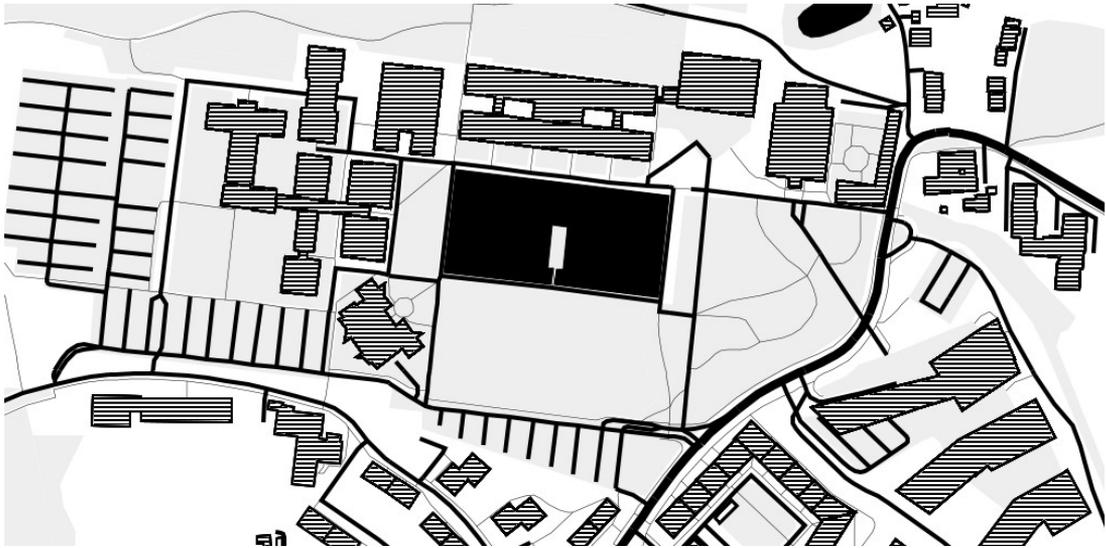


Abbildung 14: Prototyp mit einer kontrastreichen Schwarz-Weiß-Darstellung. Dargestellt sind Gebäude (schwarz schraffiert), Grünzonen (grau), Wasser (schwarz) und Straßen (schwarz).

Abbildung 14 zeigt eine mögliche Darstellung dieser kontrastreichen Karten. Die konkreten Farben können nachträglich von der BenutzerIn nachjustiert werden.



Abbildung 15: Prototyp mit einem für die häufigsten Arten von Farbenfehlsichtigkeit visuell unterscheidbaren Farbschema. Dargestellt sind Straßen (hellrot, #F99), Gebäude (schwarz), Grünzonen (blassrosa, #FEC) und Wasser (hellblau, #ADD).

Für Personen mit Farbenfehlsichtigkeit wurde ein für die vier häufigsten Arten als sicher geltendes Farbschema (siehe Abschnitt 4.4, S. 40) umgesetzt. Abbildung 15

zeigt eine mögliche Darstellung, wiederum können die einzelnen Farben nachjustiert werden.

Personalisierbare Parameter

Über eine Seitenleiste lassen sich Parameter wie Zielgruppenprofil, Farben der wichtigsten Designelemente, Kontraste, sowie Schriftart und -größe der Kartenbeschriftungen einstellen. Abbildung 16 zeigt die für die zwei verfügbaren Zielgruppenprofile voreingestellten Farb- und Schriftgrößenwerte.

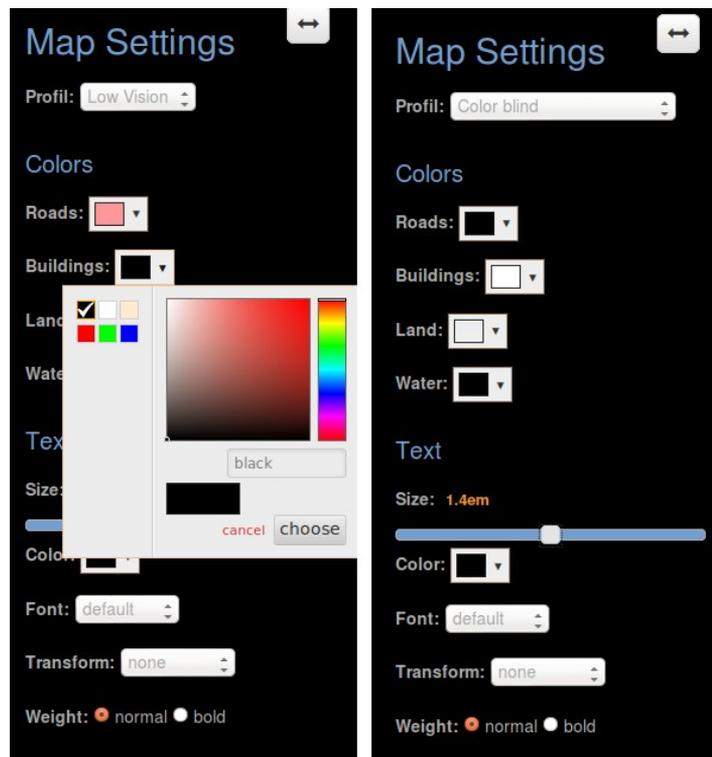


Abbildung 16: BenutzerInnen-Interface mit geöffneter Farbauswahl zum Anpassen der Parameter.

Textuelle Repräsentation relevanter Geodaten

Um die relevanten Informationen der Karte hervorzuheben, werden diese als textuelle Liste, zusätzlich zur grafischen Darstellung der Karte, aufgelistet.

Abbildung 17 zeigt eine Karte mit POIs. Einerseits werden sie als Icons auf der Karte dargestellt, andererseits als textuelle Liste. Wird ein POI in der Liste markiert (z.B. mit der Tabulator-Taste), so erfolgt diese Markierung auch am Icon auf der Karte.



Abbildung 17: Zusätzliche textuelle Repräsentation von POIs mit Markierung.

Abbildung 18 zeigt eine Karte mit Straßennamen. Wird eine Straße in der Liste markiert (z.B. mit der Tabulator-Taste), so erfolgt diese Markierung auch auf der Karte.

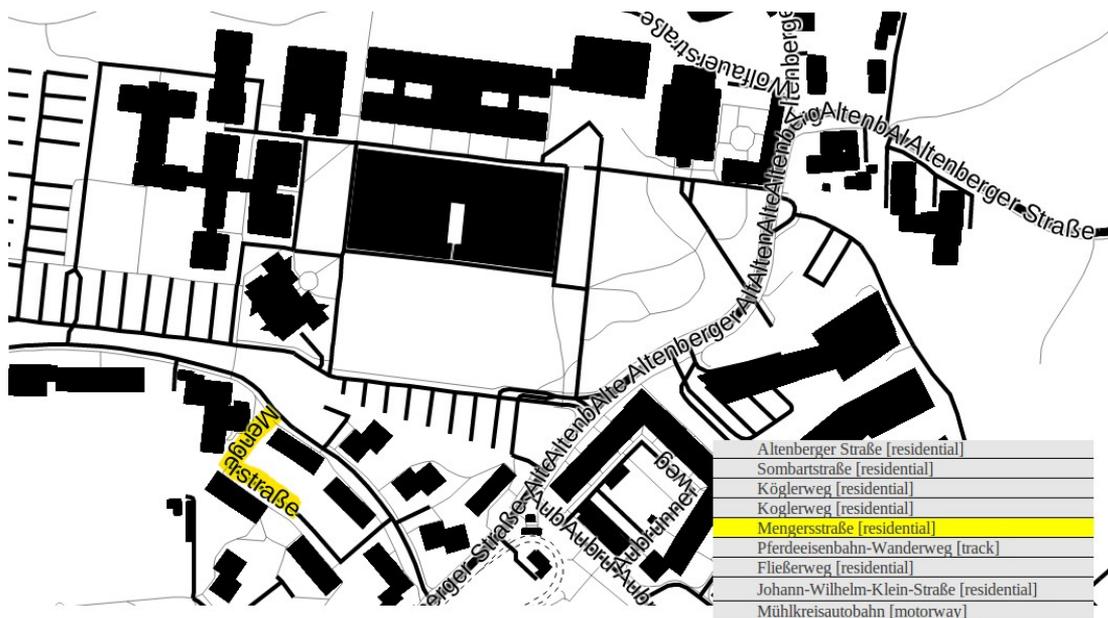


Abbildung 18: Zusätzliche textuelle Repräsentation von Straßenbezeichnungen mit Markierung.

Persistierung von Einstellungen

Alle vorgenommenen Einstellungen werden über Web Storage³⁴ vom Browser hinterlegt und sind beim nächsten Besuch der Karte voreingestellt. Auf eine Übernahme von Betriebssystemeinstellungen wie Hintergrundfarbe und Schriftgröße wurde in dieser Phase des Prototypen verzichtet.

6 Zusammenfassung

Derzeit existiert kein Standard und keine Richtlinie, wie Karten für Personen mit Sehbeeinträchtigung, barrierefrei gestaltet werden können. Es gibt jedoch viele experimentelle Ansätze und wissenschaftliche Forschung auf dem Gebiet. Das Problem, den hohen Gehalt semantischer Information einer Karte für Menschen mit einem eingeschränkten Sehsinn verfügbar zu machen, erfordert ein gutes Informationsdesign und ein genaues Beantworten der Fragen, was auf der Karte inkludiert und was ausgelassen werden soll.

Um den BenutzerInnen selbstständig Anpassungen der Kartendarstellung an die oft sehr individuelle Ausprägung ihrer Sehschädigung vornehmen zu lassen, wurde für diese Arbeit ein personalisierbarer Prototyp entwickelt. Technisch nimmt er vorweg was in den nächsten Jahren wohl Standard bei der Kartendarstellung im Web werden wird. Anstatt der üblichen Rasterkarten werden die Daten als Vektorkarten dargestellt, das Rendern der Vektordaten wird dabei direkt vom Browser übernommen. Hierbei wurde SVG als Vektorformat ausgewählt, bei weiterer Verbreitung und Adaption von WebGL wird sich wohl eher dieses Format als Standard durchsetzen.

Aus Zeitmangel konnten leider keine BenutzerInnentests mit dem erstellten Prototypen durchgeführt werden. Die Thematik bietet aber genügend Forschungsmaterial für weitere Arbeiten und der erstellte Prototyp könnte dabei als Ausgangspunkt verwendet werden.

³⁴ Siehe <http://www.w3.org/TR/webstorage/>

Anhang A: Glossar

Die hier erklärten Begriffe wurden wörtlich, aber zum Teil gekürzt, von der deutschsprachige Ausgabe der Wikipedia³⁵ übernommen.

AJAX	<i>Asynchronous JavaScript and XML</i> bezeichnet ein Konzept der asynchronen Datenübertragung zwischen einem Browser und dem Server. Dieses ermöglicht es, <u>HTTP</u> -Anfragen durchzuführen, während eine <u>HTML</u> -Seite angezeigt wird, und die Seite zu verändern, ohne sie komplett neu zu laden.
ARIA	<i>Accessible Rich Internet Applications</i> ist eine Initiative zur Verbesserung von Webseiten und Webanwendungen, um sie für behinderte Menschen besser zugänglich zu machen, insbesondere für blinde Anwender, die Vorleseprogramme verwenden.
Canvas	Ein Canvas-Element ist Bestandteil der Bestandteil der Auszeichnungssprache <u>HTML5</u> und definiert einen Bereich, in den per JavaScript gezeichnet werden kann.
CSS	<i>Cascading Style Sheets</i> ist eine deklarative Sprache für Stilvorlagen von strukturierten Dokumenten. Sie wird vor allem zusammen mit <u>HTML</u> und <u>XML</u> (zum Beispiel bei <u>SVG</u>) eingesetzt.
Deutanopie	Unter Deutanopie wird die Grünblindheit verstanden. Es handelt sich dabei um eine genetisch bedingte Farbfehlsichtigkeit, bei der die Zapfen für das Wahrnehmen von Grün das Opsin für Rot enthalten.
DOM	<i>Document Object Model</i> ist eine Spezifikation einer Schnittstelle für den Zugriff auf <u>HTML</u> - oder <u>XML</u> -Dokumente. Sie wird vom <u>W3C</u> definiert.
GeoJSON	GeoJSON ist ein offener Standard zum Kodieren von Sammlungen einfacher geografischer Informationen basierend auf <u>JSON</u> .
JSON	Die <i>JavaScript Object Notation</i> ist ein kompaktes Datenformat in für Mensch und Maschine einfach lesbarer Textform zum Zweck des Datenaustauschs zwischen Anwendungen.
HMTL	<i>HyperText Markup Language</i> ist eine textbasierte Auszeichnungssprache zur Strukturierung von Inhalten wie Texten, Bildern und Hyperlinks in Dokumenten. <u>HTML</u> -Dokumente sind die Grundlage des <u>WWW</u> und werden von einem Webbrowser dargestellt.
HTML5	<u>HTML5</u> befindet sich zurzeit noch in der Entwicklung, es liegen aber bereits recht ausgereifte Entwürfe zweier Entwicklerteams vor. Sie bietet vielfältige neue Funktionalitäten wie unter anderem Video, Audio, lokalen Speicher und dynamische 2D- und 3D-Grafiken, die von <u>HTML4</u> nicht direkt unterstützt werden.
HTTP	Das <i>Hypertext Transfer Protocol</i> (Hypertext-Übertragungsprotokoll) ist ein Protokoll zur Übertragung von Daten über ein Netzwerk. Es wird hauptsächlich eingesetzt, um Webseiten aus dem <u>WWW</u> in einen Webbrowser zu laden.

35 Siehe <https://de.wikipedia.org>

JavaScript	JavaScript ist eine Skriptsprache, die für dynamisches <u>HTML</u> in Web-Browsern entwickelt wurde, um Benutzerinteraktionen auszuwerten, Inhalte zu verändern, nachzuladen oder zu generieren und so die Möglichkeiten von <u>HTML</u> und <u>CSS</u> zu erweitern.
Protanopie	Unter Protanopie wird die Rotblindheit verstanden, die auch Rotgrünblindheit erster Form genannt wird. Es handelt sich dabei um eine genetisch bedingte Farbfehlsichtigkeit. Bei Menschen mit Protanopie unterscheiden sich rote und grüne Zapfen nicht mehr in ihrer Farbantwort.
SMIL	Die <i>Synchronized Multimedia Integration Language</i> ist ein auf <u>XML</u> basierender, vom <u>W3C</u> entwickelter Standard für eine Auszeichnungssprache für zeitsynchronisierte, multimediale Inhalte.
SVG	<i>Scalable Vector Graphics</i> (skalierbare Vektorgrafik) ist die vom <u>W3C</u> empfohlene Spezifikation zur Beschreibung zweidimensionaler Vektorgrafiken und basiert auf <u>XML</u> .
Tritanopie	Unter Tritanopie wird die Blaublindheit verstanden. Es handelt sich dabei um eine genetisch bedingte Farbfehlsichtigkeit, bei der den Betroffenen die Blau-Zapfen in der Retina (Netzhaut) fehlen.
W3C	Das <i>World Wide Web Consortium</i> ist das Gremium zur Standardisierung der <u>WWW</u> betreffenden Techniken.
WebGL	<i>Web Graphics Library</i> ist ein Bestandteil von Webbrowsern, mit dessen Hilfe hardwarebeschleunigte 3D-Grafiken direkt im Browser – ohne zusätzliche Erweiterungen – dargestellt werden können.
WWW	Das <i>World Wide Web</i> ist ein über das Internet abrufbares System von elektronischen Hypertext-Dokumenten, sogenannten Webseiten. Sie sind durch Hyperlinks untereinander verknüpft und werden im Internet über <u>HTTP</u> übertragen.
XML	Die <i>Extensible Markup Language</i> (erweiterbare Auszeichnungssprache) ist eine Auszeichnungssprache zur Darstellung hierarchisch strukturierter Daten in Form von Textdateien. <u>XML</u> wird u. a. für den plattform- und implementationsunabhängigen Austausch von Daten zwischen Computersystemen eingesetzt, insbesondere über das Internet.

Anhang B: Englische Originalzitate

Nr. Quelle	Zitat
1 [Hemmert et al. 2010 S. 671]	“Walking navigation is a task that requires only few directional cues. Haptic displays utilizing weight shift and shape change may represent an elegant solution to provide users with such information in a non-intrusive way.“
2 [Downs und Stea 1977 S. 6]	“Cognitive mapping is an abstraction covering those cognitive or mental abilities that enable us to collect, organize, store, recall, and manipulate information about the spatial environment. These abilities change with age (or development) and use (or learning). Above all, cognitive mapping refers to a process of doing: it is an activity that we engage in rather than an object that we have.”
3 [Downs und Stea 1977 S. 6]	“A cognitive map is a product – a person's organized representation of some part of the spatial environment. [...] Most importantly, a cognitive map is a cross section representing the world at one instant on time. It reflects the world as some person believes it to be; it need not be correct. In fact, distortions are highly likely. It is your understanding of the world, and it may only faintly resemble the world as reflected in cartographic maps or color photographs.”
4 [Downs und Stea 1977 S. 58]	“Cognitive mapping allows us to substitute cognition for perception and a plan for the patternless wandering of the random walk.”
5 [Zeng und Weber 2011 S. 7]	„The sighted map readers gain information through visual text descriptions, a variety of colors and styles, as well as boldness of particular lines. Visually impaired persons have to depend on their ears and fingers to explore the maps and gain all information involved simultaneously.“
6 [Höckner et al. 2012 S. 539]	“Description of maps in words and provision of meaningful information to the user require a lot of efforts on semantics. Data, i.e. spatial database content, need to be related and linked to each other in a meaningful way to create information, knowledge, and therefore better understanding of (urban) space.”
7 [Horstmann et al. 2006 S. 70]	“Visually impaired and blind people cannot see the layout of the map, illiterate people do not have access to the text included in maps, people with motor deficiencies cannot point to tiny elements on the map as there is no option to zoom into them in a semantic fisheye fashion.”
8 [Szymczak et al. 2012 S. 335]	“The evaluation shows that the guide allows users to experience an augmented reality, while keeping the environment in focus (in contrast with the common key-hole like experience that onscreen augmented reality generates). The evaluation also confirms the usefulness of extending the vibrational feedback to convey also distance information as well as directional information.”

- 9 [Jeffrey and Fendley 2011 S. 1f] “By creating mapping solutions that are adaptive enough to change depending on the user's needs; that are centrally available for different organisations to use and that are designed to be accessible when using assistive technology. People will feel included and able to fully explore the city more confidently and independently if they can consistent mapping throughout their journey and are able to access the mapping in the way they prefer to obtain information.”
- 10 [Jeffrey and Fendley 2011 S. 7f] „These may include selecting preferred colour combinations or removing the colour completely; larger type and less detail or smaller type and more detail; bigger building illustrations, photographs or no illustrations [...] People could select information based on the purpose of their journey and their personal requirements.“

11 [Hennig et al. 2012 S. 632]

Information category	Exemplary information
Tactile	surface of road and footway including changes (sewer cover, surface irregularities), texture paving blocks, curb, steep gradients
Auditory	traffic lights with audio signals, acoustic of the surroundings (water features, traffic noise, underpasses, house walls, large squares)
Olfactory	smell of gardens, stores, coffee houses, and restaurants
General information	name of streets and squares, course of the road and direction (one way street), pedestrian crossings (with layout and detailed description if they are complex, underpasses, cross walks), width of the road, number of lanes, bridges, environment around the roads, current road works, shared cycle- and footways, pedestrian area, entry and exit, walking times in minutes and meters,
Public means of transport	bus stop, tram stop, metro station, taxi ranks, railway stations
Useful buildings and landmarks (Points of Interest POIs, Lines of Interest LOIs, Areas of Interest AOIs)	public buildings (office, government agency, theatre, museum), places of interest, healthcare facility (hospital, doctors' surgeries), supermarkets, shops and stores, restaurants, hotels, parks, open and green spaces
Orientation system for blind people	fences, house walls, bushes, texture of the pavement
Route planning	detailed textual description including time and direction

Anhang C: Literaturverzeichnis

- [Bahnpirat 2009] Bahnpirat: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/File:Rnk-kupfer.jpg>, 2009
- [Barkowsky 2002] T. Barkowsky: Mental representation and processing of geographic knowledge: a computational approach; Springer, 2002
- [Behindertenbeauftragter 2013] Beauftragter der Bundesregierung für die Belange behinderter Menschen: Was ist Barrierefreiheit?; http://www.behindertenbeauftragter.de/DE/Themen/Barrierefreiheit/WasistBarrierefreiheit/WasistBarrierefreiheit_node.html, 2013
- [Brock et al. 2010] A. Brock, P. Truillet, B. Oriola, C. Jouffrais: Usage of multimodal maps for blind people: why and how; in ACM international conference on interactive tabletops and surfaces, 2010, S. 247–248
- [Brychtová und Popelka 2013] A. Brychtová, S. Popelka: Exploring the Influence of Color Distance on the Map Legibility; in 26. International Cartographic Conference, Dresden, 2013
- [Bundeskanzleramt 2013] Bundeskanzleramt: Web Accessibility - Internetzugang für alle; <http://www.digitales.oesterreich.gv.at/site/5744/default.aspx>, 2013
- [Downs und Stea 1977] R. M. Downs, D. Stea: Maps in minds: reflections on cognitive mapping; Harper & Row, 1977
- [GeoMobile 2013] GeoMobile GmbH: Guide4Blind Tandem TourGuide; <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.geomobile.g4b>, 2013
- [Gomez et al. 2012] J. D. Gomez, G. Bologna, T. Pun: Spatial awareness and intelligibility for the blind: audio-touch interfaces; in CHI' 12 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, 2012, S. 1529-1534
- [Gorlewicz 2013] J. L. Gorlewicz: The Efficacy of Surface Haptics and Force Feedback in Education; 2013
- [Hake et al. 2002] G. Hake, D. Grünreich, L. Meng: Kartographie: Visualisierung raum-zeitlicher Informationen; Walter de Gruyter, 2002
- [Hänßgen 2012] D. Hänßgen: Ein System zur Erstellung taktiler Karten für blinde und sehbehinderte Menschen; Masterarbeit, Hannover, 2012
- [Hellbusch 2008] J. E. Hellbusch: Sinn für Barrierefreiheit; in: eLogbuch accessibility; <http://www.mainweb.at/blog/2007/10/10/sinn-fuer-barrierefreiheit/>, 2008
- [Hellbusch und Probiesch 2010] J. E. Hellbusch, K. Probiesch: Barrierefreiheit verstehen und umsetzen; Dpunkt, 2010
- [Hemmert et al. 2010] F. Hemmert, S. Hamann, M. Löwe, A. Wohlauf, J. Zeipelt, G. Joost: Take me by the Hand: Haptic Compasses in Mobile Devices through Shape Change and Weight Shift; in Proceedings of the 6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction, 2010, S. 671-674
- [Hennig et al. 2012] S. Hennig, A. Osberger, J. Neuschmid, M. Schrenk, W. Wasserburger, F. Zobl: Providing Web Maps for Everyone: Understanding Users and their Requirements; in Schrenk, M. (Ed.)

- Proceedings of 17th International CORP Conference 2012, S. 627-635
- [Heuten et al. 2007] W. Heuten, N. Henze, S. Boll: Interactive exploration of city maps with auditory torches; in CHI'07 extended abstracts on Human factors in computing systems, 2007, S. 1959–1964
- [Horstmann et al. 2006] M. Horstmann, W. Heuten, A. Miene, S. Boll: Automatic annotation of geographic maps; in Computers Helping People with Special Needs, Springer, 2006, S. 69–76
- [Höckner et al. 2012] K. Höckner, D. Marano, J. Neuschmid, M. Schrenk, W. Wasserburger: AccessibleMap - Web-Based City Maps for Blind and Visually Impaired; in Computers Helping People with Special Needs, Springer, 2012, S. 536–543
- [Horstmann et al. 2006] M. Horstmann, W. Heuten, A. Miene, S. Boll: Automatic annotation of geographic maps; in Computers Helping People with Special Needs, Springer, 2006, S. 69–76
- [Hung 2001] E. Hung: Blind and Low Vision Users; http://www.co-bw.com/DMS_Web_universal_usability_in_practice_blind_and_%20low_vision_users.htm, 2001
- [Hyvärinen 2000a] L. Hyvärinen: How to classify paediatric low vision?; presented at the 5th European Conference of ICEVI, Cracow, Poland, 2000
- [Hyvärinen 2000b] L. Hyvärinen: Understanding paediatric low vision; in Vision Rehabilitation: Assessment, Intervention, and Outcomes, 2000, S. 400–403
- [Ienaga et al. 2006] T. Ienaga, M. Matsumoto, M. Shibata, N. Toyoda, Y. Kimura, H. Gotoh, T. Yasukouchi: A study and development of the auditory route map providing system for the visually impaired; in Computers Helping People with Special Needs, Springer, 2006, S. 1265–1272
- [Jeffrey and Fendley 2011] C. Jeffrey, T. Fendley: Accessible Maps: what should we leave out?; Include 2011, The Role of Inclusive Design in Making Social Innovation Happen, London, 2011
- [Khambadkar und Folmer 2013] V. Khambadkar, E. Folmer: GIST: a gestural interface for remote nonvisual spatial perception; in Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology, 2013, S. 301–310
- [KI-I 2008] Kompetenznetzwerk Informationstechnologie zur Förderung der Integration von Menschen mit Behinderungen: Accessibility ExpertInnenevaluierung; 2008
- [Lulu-Ann 2012] Lulu-Ann: <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/File:TrafficSignalsArrowA.jpg>, OSM Wiki 2012
- [Marano 2013] D. Marano: Smartphones für sehbehinderte Menschen, Anwendungsmöglichkeiten, Präsentation IKT-Forum 2013
- [Miesenberger und Koutny 2012] K. Miesenberger, R. Koutny: Accessible Maps; http://www.w3.org/WAI/RD/wiki/Accessible_Maps, 2012
- [Moritz 2011] H. Moritz: Barrierefreiheit mit HTML5; in iX 06/2011; <http://www.heise.de/ix/artikel/Immer-weiter-1245285.html>, 2011
- [Narzt 2013] W. Narzt: Facilitating Utilization of Public Transportation for Disabled Persons by an Open Location-Based Travel Information System for Mobile Devices (VIATOR); in UBICOMM 2013, The

- Seventh International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies, 2013, S. 7–12
- [Neuschmid et al. 2012] J. Neuschmid, S. Hennig, M. Schrenk, W. Wasserburger, F. Zobl: Barrierefreiheit von online Stadtplänen - das Beispiel AccessibleMap; Berlin, Offenbach, 2012, S. 339-347
- [Nussbaum 2013] Persönliches Interview mit Gerhard Nussbaum vom Kompetenznetzwerk Informationstechnologie zur Förderung der Integration von Menschen mit Behinderungen, 13.11.2013
- [ÖSTAT 2007] Österreichisches Statistisches Zentralamt (ÖSTAT): Menschen mit Beeinträchtigungen - Ergebnisse der Mikrozensus-Zusatzfragen im 4. Quartal 2007; in Statistische Nachrichten 12/2008, S. 1132-1141
- [Pielot et al. 2012] M. Pielot, B. Poppinga, W. Heuten, S. Boll: Tacticycle: Supporting exploratory bicycle trips; in Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services, 2012, S. 369-378
- [Pöll 2013] Persönliches Interview mit Daniel Pöll vom Institut Integriert Studieren der Johannes Kepler Universität Linz, 21.11.2013
- [Ramm und Topf 2010] F. Ramm, J. Topf: OpenStreetMap: Die freie Weltkarte nutzen und mitgestalten; Lehmanns media, 2010
- [Renier et al. 2010] L. A. Renier, I. Anurova, A. G. De Volder, S. Carlson, J. VanMeter, J. P. Rauschecker: Preserved Functional Specialization for Spatial Processing in the Middle Occipital Gyrus of the Early Blind; in Neuron, vol. 68, no. 1, 2010, S. 138–148
- [Röder 2004] B. Röder: Ist bei Blinden alles anders?; in horus - Marburger Beiträge zur Integration Blinder und Sehbehinderter, vol. 1/04; <http://www.dvbs-online.de/horus/2004-1-3.htm>, 2004
- [Sánchez und Torre 2010] J. Sánchez, N. de la Torre: Autonomous navigation through the city for the blind; in Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility, 2010, S. 195–202
- [Schuhmann 2013] C. Schuhmann: Entwurf und prototypische Implementierung einer Anwendung zur Erzeugung haptischer Karten; Bachelorarbeit, Oldenburg, 2013
- [Stöger 2013] Persönliches Interview mit Bernhard Stöger vom Institut Integriert Studieren der Johannes Kepler Universität Linz, 14.11.2013
- [Szymczak et al. 2012] D. Szymczak, K. Rassmus-Gröhn, C. Magnusson, P.-O. Hedvall: A real-world study of an audio-tactile tourist guide; in Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services, 2012, S. 335-344
- [Tinnes 2007] J. Tinnes: Informationszugang für Blinde und Sehbehinderte; VDM Verlag Dr. Müller, 2007
- [The Economist 2009] The Economist: <http://www.economist.com/printedition/2009-03-21>, 2009
- [Tolman 1948] E. C. Tolman: Cognitive maps in rats and men; in Psychological review, vol. 55, no. 4; 1948, S. 189
- [Tyner 2010] J. Tyner: Principles of map design; New York, 2010
- [W3C 2008] W3C: Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0; <http://www.w3.org/Translations/WCAG 2.0-de>, 2008

- [W3C 2011] W3C: Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.0; <http://www.w3.org/TR/wai-aria/>, 2011
- [W3C 2013] W3C: How to Meet WCAG 2.0; <http://www.w3.org/WAI/WCAG2.0/quickref/>, 2013
- [Walthes 2005] R. Walthes: Einführung in die Blinden- und Sehbehindertenpädagogik; Ernst Reinhardt Verlag, 2005
- [Wikipedia 2010] Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Steinberg_New_Yorker_Cover.png, 2010
- [Wikipedia 2011] Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Color_blindness, 2011
- [Wikipedia 2012] Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Safe_Chart_Colors-F99-FEC-ADD.jpg, 2012
- [Wirtschaftskammer 2013] Wirtschaftskammer Österreich (Hrsg.): Die Einstellung macht's; 2013
- [Wölfl und Leuprecht 2004] J. Wölfl, E. Leuprecht: Unterwegs im Dunkeln - Forschungsbericht über die Mobilitätsbedingungen von blinden und sehbehinderten Personen in Wien unter besonderer Berücksichtigung des öffentlichen Personennahverkehrs; Wien, 2004
- [Zehe 2013] M. Zehe: Why accessibility APIs matter; <http://www.marcozehe.de/2013/09/07/why-accessibility-apis-matter/>, 2013
- [Zeng und Weber 2011] L. Zeng, G. Weber: Accessible Maps for the Visually Impaired; in Proceedings of IFIP INTERACT 2011 Workshop on ADDW, CEUR, 2011, vol. 792, S. 54–60

Anhang D: Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Überschriftenliste einer Webseite im Screenreader JAWS.....	7
Abbildung 2: Vereinfachte Darstellung der OSM-Geodaten der Bibliothek der Johannes Kepler Universität Linz.....	16
Abbildung 3: Knopf für Fußgängerampel mit Richtungspfeil.[Lulu-Ann 2012].....	17
Abbildung 4: RollRaus zeigt Wanderwege mit deren Oberflächenbeschaffenheit basierend auf Daten von OSM.....	18
Abbildung 5: Bodenleitlinien am Campus de Johannes Kepler Universität Linz. Dass sie gegen die Wand laufen ist kein Streich, sich an der Wand entlangzutasten ist gewünscht.....	19
Abbildung 6: Simulation der Wahrnehmung des Displays eines Smartphones bei verschiedenen Sehstörungen: a.) Diabetische Retinopathie b.) Altersbedingte Makuladegeneration c.) Grauer Star d.) Retinitis Pigmentosa [Marano 2013 S. 4ff].....	21
Abbildung 7: Die Auswirkungen von Farbfehlsichtigkeit anhand der Regenbogenfahne. Links für Menschen ohne Farbfehlsichtigkeit, danach die Sichtweise für Menschen mit Protanopie, Deutanopie und Tritanopie [Wikipedia 2011].....	24
Abbildung 8: Humoristische Darstellungen unserer subjektiven Sicht auf die Welt. Links The New Yorker (März 1976) [Wikipedia 2010] und rechts The Economist (März 2009) [The Economist 2009].	31
Abbildung 9: Automatisiert hergestellte Karte auf Kupferblech basierend auf Daten von OSM [Bahnpirat 2009].....	35
Abbildung 10: Beispiel einer mit HaptiMap erstellten Richtungsanzeige, die auch per Ton oder Vibration ausgegeben wird [GeoMobile 2013].....	37
Abbildung 11: Beschreibung der Richtungsangabe mit Hilfe des Stundensystems nach [Sánchez und Torre 2010 S. 196f].....	37
Abbildung 12: Farbtest mit Webfarben. Zentraler Bereich zeigt Auswahl die sicherstellt, dass Informationen für die vier häufigsten Arten der Farbfehlsichtigkeit nicht verlorengehen [Wikipedia 2012].....	40
Abbildung 13: Basisarchitektur des Prototypen.....	46
Abbildung 14: Prototyp mit einer kontrastreichen Schwarz-Weiß-Darstellung. Dargestellt sind Gebäude (schwarz schraffiert), Grünzonen (grau), Wasser (schwarz) und Straßen (schwarz).....	47
Abbildung 15: Prototyp mit einem für die häufigsten Arten von Farbenfehlsichtigkeit visuell unterscheidbaren Farbschema. Dargestellt sind Straßen (hellrot, #F99), Gebäude (schwarz), Grünzonen (blassrosa, #FEC) und Wasser (hellblau, #ADD).....	47
Abbildung 16: BenutzerInnen-Interface mit geöffneter Farbauswahl zum Anpassen der Parameter..	48
Abbildung 17: Zusätzliche textuelle Repräsentation von POIs mit Markierung.....	49
Abbildung 18: Zusätzliche textuelle Repräsentation von Straßenbezeichnungen mit Markierung.....	49