

Entwicklung eines interaktiven, physischen
Raumbelegungsplans zur haptischen Erkundung und
Manipulation multivariater Daten

Nele Drechsler

15. August 2022

Technische Universität Dresden

Fakultät Informatik
Institut für Angewandte Informatik
Professur Mensch-Computer Interaktion

Bachelorarbeit

**Entwicklung eines interaktiven, physischen
Raumbelegungsplans zur haptischen
Erkundung und Manipulation multivariater
Daten**

Nele Drechsler

geboren am 06.09.2000 in Ostfildern
Matrikelnummer: 4845250

1. Gutachter Prof. Dr. rer. nat. habil. Gerhard Weber
Professur Mensch-Computer Interaktion
Technische Universität Dresden

2. Gutachter Dr.-Ing. Claudia Loitsch
Professur Mensch-Computer Interaktion
Technische Universität Dresden

Betreuer Meinhardt Branig M.Sc.

15. August 2022

Zusammenfassung

Raumbelegungspläne in öffentlichen Gebäuden werden meist rein visuell oder virtuell und insbesondere nur zweidimensional dargestellt. Dies hat den Nachteil, dass blinde und sehbehinderte Menschen diese Daten erschwert wahrnehmen können.

Ein Gebäudeplan in Form einer taktilen Karte in Kombination mit einem Shape Display könnte diesem Problem entgegenwirken. Durch die zusätzliche Implementierung eines taktilen und auditiven Raumbelegungsplans könnte die Orientierung für blinde und sehbehinderte Menschen deutlich verbessert werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde ein Prototyp eines interaktiven Raumbelegungsplans erstellt. Für diesen wurde eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt.

Abstract (english version)

Room allocation plans in public buildings are often represented purely visual or virtual and especially only two-dimensional. This results in a disadvantage for blind and visually impaired people to interact with the displayed data.

An indoor map in form of a tactile map combined with a shape display could counteract this problem. Additionally, implementing a tactile and auditiv room allocation plan with included booking function could improve the orientation for blind and visually impaired people. In the course of this thesis, a prototype of an interactive plan with included booking function was built. Also, a cost-benefit-analysis was done.

Nele Drechsler

Entwicklung eines interaktiven, physischen Raumbelegungsplans zur haptischen Erkundung und Manipulation multivariater Daten

Bachelorarbeit, 15. August 2022

Gutachter: Prof. Dr. rer. nat. habil. Gerhard Weber und Dr.-Ing. Claudia Loitsch

Betreuer: Meinhardt Branig M.Sc.

Technische Universität Dresden

Institut für Angewandte Informatik

Professur Mensch-Computer Interaktion

Nöthnitzer Str. 46

01187 Dresden

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 1.1 | Ziel der Arbeit | 1 |
| 1.2 | Motivation und Problematik | 1 |
| 1.3 | Struktur der Arbeit | 2 |
| 2 | Theoretische Grundlagen | 3 |
| 2.1 | Analyse von Hilfsmittel zur Indoor-Navigation blinder und sehbehinderter Menschen | 3 |
| 2.2 | Datenphysikalisierung, Shape Displays und TUIs | 4 |
| 2.3 | Darstellung und Auswertung multivariater Daten | 6 |
| 2.4 | Zusammenfassung | 8 |
| 3 | Verwandte Arbeiten | 9 |
| 3.1 | Bestehende Projekte der Navigation für blinde und sehbehinderte Menschen | 9 |
| 3.2 | Projekt zur Evaluierung von Datenphysikalisierung | 11 |
| 3.3 | Projekt zur Raumsuche und Raumbelegung innerhalb von Universitäten | 12 |
| 3.4 | Zusammenfassung | 14 |
| 4 | Interaktionskonzept zur Exploration und Manipulation der Darstellung | 15 |
| 4.1 | Analyse | 15 |
| 4.1.1 | Sehbeeinträchtigungen | 15 |
| 4.1.2 | Betrachtung visueller Aspekte | 16 |
| 4.1.3 | multivariate Datenanalyse von Gebäudeplänen | 17 |
| 4.1.4 | Analyse der Problemstellung | 18 |
| 4.1.5 | Funktionalitäten | 20 |
| 4.2 | Konzept des Raumbelegungsplans | 23 |
| 4.2.1 | Zu analysierendes Gebäude | 24 |
| 4.2.2 | Konzept der taktilen Karte | 25 |
| 4.2.3 | Konzept des Shape Displays | 29 |
| 4.2.4 | Authentifizierung | 30 |
| 4.2.5 | Funktionen des interaktiven Raumbelegungsplans | 31 |

| | | |
|----------|---|--------------|
| 4.3 | Umsetzung des Prototyps | 32 |
| 4.3.1 | Modell der taktilen Karte | 32 |
| 4.3.2 | Prototyp des Shape Displays | 36 |
| 4.3.3 | Bau des interaktiven Raumbelungsplans | 37 |
| 4.3.4 | Implementierung | 38 |
| 4.4 | Evaluation | 45 |
| 4.5 | Kosten-Nutzen-Analyse | 47 |
| 5 | Zusammenfassung und Ausblick | 49 |
| A | Appendix | i |
| A.1 | Freiheitsgrade | i |
| A.2 | Fragebogen Evaluation | i |
| | Literatur | xiii |
| | Inhaltsverzeichnis des Datenträgers | xxiii |
| | Erklärung | xxvii |
| | Danksagung | xxix |

Einleitung

1.1 Ziel der Arbeit

Der Fokus der Arbeit liegt in der Erstellung eines Konzepts für einen interaktiven Raumbelungsplan, welcher die Daten zur Raumbelung eines universitären Gebäudes sowohl visuell als auch haptisch darstellt. Auf Grundlage dieses Konzepts soll ein Prototyp erstellt werden, welcher anschließend in einer Pilotstudie hinsichtlich seines Nutzens evaluiert wird. Es soll untersucht werden, ob mit einem derartigen Raumbelungsplan eine höhere Barrierefreiheit für blinde und sehbehinderte Menschen geschaffen werden kann. Eine Kosten-Nutzen-Analyse ist dabei zwingend erforderlich, um die praktische Umsetzbarkeit beurteilen zu können. Weiterhin ist zu betrachten, ob ein solcher Raumbelungsplan auch in anderen öffentlichen Gebäuden Anwendung finden könnte.

1.2 Motivation und Problematik

Es gibt bereits ein breites Spektrum an Navigationsmitteln für blinde und sehbehinderte Menschen: GPS Geräte (z. B. Homanware Trekker Breeze), Audioguides (z. B. in Museen) oder Smartphone Apps in Verbindung mit einer Voice Over Funktion (z. B. Ariadne). Kombiniert mit anderen Orientierungshilfen wie Weißen Langstöcken oder Blindenführhunden ist eine Navigation für blinde und sehbehinderte Menschen größtenteils selbstständig möglich. Allerdings dienen all diese Optionen ausschließlich der Orientierung außerhalb von Gebäuden: Die meisten Navigationsmittel basieren auf GPS und sind somit nicht geeignet für eine Navigation innerhalb von Gebäuden [WHK13].

Ein möglicher Ansatz, der die Probleme der Indoor-Navigation überwinden könnte, besteht in der Verwendung taktiler Karten. Bei diesen ist allerdings keine interaktive Raumsuche bzw. -belegung möglich. Interaktive Gebäudepläne hingegen existieren bereits, u. a. in Einkaufszentren (z. B. Eyefactive) in Form eines Touchscreens. Allerdings sind diese rein zweidimensional dargestellt und ermöglichen dem Nutzenden keine taktile Interaktion. Um die Nutzung für blinde und sehbehinderte Menschen

zu ermöglichen, bietet sich die Nutzung von Shape Displays anstelle von Touchdisplays an, da diese Informationen 2,5-dimensional abbilden, wodurch eine taktile Wahrnehmung möglich wird. Durch die Kombination von taktile Karte und Shape Display könnte der Raumbelungsplan demzufolge sowohl interaktiver als auch zugänglicher für blinde und sehbehinderte Menschen werden.

1.3 Struktur der Arbeit

Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel wird erläutert, was physische Informationsvisualisierung (Dataphysicalization) ist und welche Möglichkeiten durch die Darstellung von Daten mittels einer TUI (Tangible User Interface) entstehen. Im Vergleich dazu soll dargelegt werden, welche Formen der Kartenvisualisierung bereits existieren und inwieweit diese barrierefrei sind. Ebenfalls soll auf Shape Displays eingegangen werden und wie multivariate Daten bei der Erstellung von Raumbelungsplänen interaktiv dargestellt werden können.

Verwandte Arbeiten

In diesem Abschnitt sollen bereits erprobte Technologien zur Indoor-Navigation für blinde und sehbehinderte Menschen, sowie eine Evaluation zur Datenphysikalisation diskutiert werden. Des Weiteren wird ein bereits bestehender online Raumbelungsplan analysiert.

Interaktionskonzept zur Exploration und Manipulation der Darstellung

Im Interaktionskonzept erfolgt die Analyse einer möglichen Zielgruppe mit Hilfe von Anwendungsfällen, möglichen Funktionalitäten und einer Empathy Map, um abzuschätzen, welche Informationen für die potentiellen Nutzenden des Raumbelungsplans wichtig sind und wie diese dargestellt werden können. Darauf aufbauend wird das Konzept für einen Prototyp erstellt. Dieser wird implementiert und in einer Pilotstudie hinsichtlich seiner Anwendbarkeit evaluiert. Mit Hilfe der Ergebnisse der Evaluation soll anschließend eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt werden.

Zusammenfassung

Abschließend wird das Resultat der Kosten-Nutzen-Analyse aufgegriffen und diskutiert, ob die Ergebnisse für einen zukünftigen Raumbelungsplan von Nutzen sein könnten. Zum Schluss erfolgt ein Ausblick, ob das entstandene Konzept auch in anderen öffentlichen Gebäuden eingesetzt werden könnte.

2.1 Analyse von Hilfsmittel zur Indoor-Navigation blinder und sehbehinderter Menschen

Jeder Mensch hat seine eigenen Präferenzen hinsichtlich der Orientierung außerhalb oder innerhalb von Gebäuden. So entwickeln auch blinde und sehbehinderte Menschen ihre eigenen Methoden, um sich trotz visueller Einschränkung bestmöglich orientieren zu können und präferieren somit auch unterschiedliche Software oder andere Hilfsmittel. In verschiedenen Studien wurden blinde und sehbehinderte Menschen befragt, mit welchen Hilfsmitteln sie sich am besten orientieren können und welche Probleme bei der Navigation auftreten [WHK13; Eng+20]. Es wurde festgestellt, dass der Grad an unabhängiger Orientierung bei blinden und sehbehinderten Menschen hauptsächlich von der jeweiligen Situation, der eigenen Persönlichkeit und der Kenntnis des Gebäudes abhängt [Eng+20].

In vergangenen Arbeiten wurde die Zugänglichkeit von Karten für blinde und sehbehinderte Menschen durch taktile Symbole und Blindengraphiken evaluiert [HMB18; Lee19]. Zu erwähnen sei, dass beim Beschriften der Karten meist auf Brailleschrift verzichtet wird, da diese viel Platz beansprucht und nur ein Bruchteil der blinden und sehbehinderten Menschen Brailleschrift aktiv lesen [Lee19; HMB18; Bro+29].

Haptische Karten dieser Art, können mit Hilfe von UV-Print erzeugt werden [EW43], oder in Form von dreidimensionalen Modellen hergestellt werden. Blinden und sehbehinderten Menschen wird die selbstständige Erstellung solcher Karten mit Hilfe geeigneter Webanwendungen ermöglicht: Hierbei können die Nutzenden eine beliebige Adresse innerhalb der Webanwendung auswählen, weitere Standorte markieren und die ausgewählten geographischen Daten anschließend an einen 3D-Drucker senden. Dieser erstellt dann ein dreidimensionales Modell der ausgewählten Areale [Tay+28]. Anzumerken sei, dass in Studien gezeigt wurde, dass für blinde und sehbehinderte Menschen eine dreidimensionale Karte verständlicher und leichter zu merken ist, als eine gedruckte taktile Karte [HMB18].

Des Weiteren wurde festgestellt, dass Indoor-Karten viel detaillierter sein müssen als Outdoor-Karten; allein auf Grund der vielen verschiedenen Räume, sowie der Existenz von Treppen, Aufzügen und anderen Elementen. Da es in Gebäuden oftmals mehrere Etagen gibt, ergibt sich die Problematik, dass für jede einzelne Etage eine Karte erstellt werden muss. Um Verwirrung zu vermeiden, sollte auf ein einheitliches Design geachtet, sowie die Verwendung von Symbolen auf das notwendige Minimum beschränkt werden.

Neben der taktilen sollte zusätzlich die auditive Wahrnehmung betrachtet werden, da diese sich insbesondere für blinde und sehbehinderte Menschen als essentiell für die Navigation herausgestellt hat [HMB18]. Dazu kommt, dass eine dreidimensionale Darstellung, kombiniert mit einer auditiven Ausgabe, blinden und sehbehinderten Menschen ein räumliches Bild von dem betreffenden Gebäude ermöglichen kann, was bei einer taktilen Karte nicht der Fall ist [Bro+29]. Die Kombination aus taktil und auditiv dargestellten Informationen vermeidet außerdem, dass die Karte mit einer einseitigen Informationsdarstellung überladen wird [Bro+29].

2.2 Datenphysikalisierung, Shape Displays und TUIs

Datenphysikalisierung ist eine Form der Datendarstellung. Anders als bei der Datenvisualisierung werden bei der Datenphysikalisierung die Daten dreidimensional und somit nicht nur visuell, sondern auch taktil dargestellt. Der Nutzen der Datenphysikalisierung reicht von dreidimensionalen Diagrammen über architektonische Baumodelle oder Lehrmodelle bis hin zu künstlerischen Installationen [JDF13]. Diese können die Daten statisch oder dynamisch darstellen. Ein großer Vorteil der Datenphysikalisierung ist die Möglichkeit der Rekonfigurierbarkeit und Manipulierbarkeit der Daten [Jan+16]. Somit kann nicht nur ein Gebäudeplan zur Orientierung erstellt, sondern auch ein interaktives Raumbewegungssystem implementiert werden, welches sich zusätzlich besser zur kollaborativen Betrachtung mehrerer Personen eignet als zweidimensionale, rein visuelle Medien [Mi-10; JDF13; Jan+16]. Zusätzlich sind physisch dargestellte Daten für blinde und sehbehinderte Menschen besser zugänglich, als rein visuell dargestellte Daten [Bal17; Jan+16].

TUIs bilden eine dynamische Form der Datenphysikalisierung zur greifbaren und manipulativen Darstellung digitaler Daten [Ish08]. Bei herkömmlichen Graphical User Interfaces (GUIs) besteht das Problem, dass die Interaktion über ein Medium (z. B. eine Computermaus oder eine Tastatur) stattfindet, welches physisch von der visuellen Ausgabe getrennt ist (siehe Abb. 2.1). Bei einer TUI hingegen verlaufen

sowohl die Eingabe, als auch die Ausgabe über ein physisches Medium, wodurch die Trennung der Repräsentations- und Interaktionsform aufgehoben wird (siehe Abb. 2.2) [Ish08].

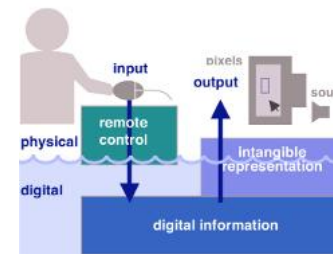


Abb. 2.1.: Funktionsweise einer GUI: Die Eingabe erfolgt durch ein physisches Medium, während die Ausgabe rein graphisch ist [Ish08].

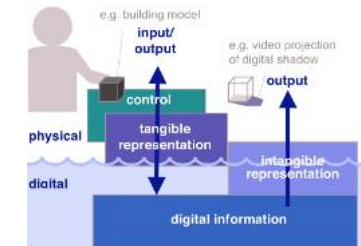


Abb. 2.2.: Funktionsweise einer TUI: Eingabe und Ausgabe erfolgen beide über ein physisches Medium [Ish08].

Unter Shape Displays versteht man physische Oberflächen, welche über Berührungen interaktiv ihre Oberfläche verändern können [Pet+18]. Shape Displays werden über einen Computer angesteuert und sind somit individuell auf ihren jeweiligen Nutzen konfigurierbar. Weil Shape Displays die Daten sowohl taktil abbilden (wie ein TUI), als auch dem Nutzenden zusätzlich ein Feedback geben, bilden sie eine Schnittmenge zwischen TUI und haptischer Datenphysikalisierung [Lei+48]. Mit Hilfe von Shape Displays können Daten 2,5-dimensional dargestellt werden: Aus der Kombination der RGB-Werte des zweidimensionalen Bildes mit einem zusätzlichen Höhenwert, ergibt sich ein 2,5-dimensionaler RGBH-Wert, wie es Abb. 2.3 veranschaulicht [Lei+48]. Die gewünschte interaktive Komponente des Raumbewegungssystems ist durch die Konstruktion des Shape Displays automatisch enthalten.

Bei TUIs und Shape Displays kommt neben der visuellen auch eine taktil Darstellung von Informationen hinzu: Hierbei muss beachtet werden, wie der Informationswert am effektivsten auf den Höhenwert abgebildet wird. Dies ist abhängig von der kognitiven Verarbeitung taktiler Sinneseindrücke [Bra+14]: Zu geringe Höhenunterschiede sind - insbesondere bei nicht benachbarten Datenpunkten - schwer unterscheidbar.

Ein weiteres mögliches Problem, welches entstehen könnte, ist das Erreichbarkeitsproblem: Falls ein Element mit einer sehr geringen Höhe dargestellt wird und alle



Abb. 2.3.: Mit 2,5-dimensionalen Shape Displays wird eine direkte haptische Interaktion ermöglicht. [Lei+48]

angrenzenden Elemente mit einer sehr großen Höhe, könnte es passieren, dass eine oder mehrere dargestellte Variablen für den Nutzenden nicht erreichbar sind [Lei+48].

Ein weiterer Nachteil bei Shape Displays besteht darin, dass sie nur 2,5 Dimensionen, statt drei abbilden, d. h. die gleichzeitige Darstellung mehrerer Etagen ist nicht möglich.

Ein Vorteil, den die Datenphysikalisierung mit sich bringt, ist die Möglichkeit multivariate Daten effektiver analysieren und repräsentieren zu können, da statt einer zweidimensionalen eine 2,5-/dreidimensionale Darstellung vorliegt. Ein weiterer Vorteil ist, dass Informationen auf die taktile, visuelle und auditive Repräsentation aufgeteilt werden können, was mehr Möglichkeiten der Darstellungsform bietet [Jan+16; CBT30]. Dabei muss beachtet werden, dass eine Information nicht in einer einzigen Darstellungsform repräsentiert werden sollte, da sich gezeigt hat, dass eine rein auditive oder rein taktile Darstellung eine visuelle Darstellung nicht verlustfrei ersetzen kann [Bal17].

2.3 Darstellung und Auswertung multivariater Daten

Für die Erstellung von Gebäudeplänen muss das betreffende Gebäude auf seine Eigenschaften analysiert werden. Zu einer Analyse gehören z. B. der Grundriss, die Anzahl der Räume oder deren topologische Relationen zueinander. Hierbei müssen deutlich mehr Details beachtet werden als bei Outdoor-Karten. Dabei ist bekannt,

dass Layoutprobleme NP-vollständig sind und ihre Komplexität exponentiell wächst [Din50].

Für die dreidimensionale Analyse von Gebäuden werden bereits bestehende zweidimensionale Gebäudepläne verwendet. Dafür ist eine Neuinterpretation der Daten erforderlich [Lu+47; DM99].

Bei der Visualisierung ist zu beachten, dass viele Gebäude wiederkehrende Erkennungsmerkmale besitzen, da Architekt*innen sich von bereits bestehenden Gebäuden inspirieren lassen [Ahm+13]. Aufgrund der enormen Datenmengen werden häufig Methoden der multivariaten Datenanalyse verwendet: Der Grundriss des Gebäudes bzw. der einzelnen Räume kann bspw. in einem Raster aufgeteilt und mit Koordinaten beschrieben werden.

Eine dieser Methoden ist die Nutzung von Datenbanken auf Basis von SQL [CBT30]. Ebenso möglich ist die Nutzung graphentheoretischer Methoden, insbesondere der Theorie der k -Färbbarkeit von Graphen (Abb. 2.4) [SH90; Ahm+13].

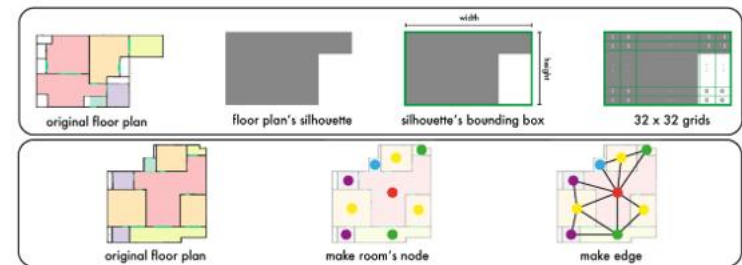


Abb. 2.4.: Anwendung multivariater Datenanalyse bei Gebäuden (Oberes Bild: Einteilung des Gebäudes in ein Raster. Jede Zelle des Rasters entspricht einem Eintrag einer rechteckigen Matrix. Unteres Bild: Jeder Raum wird durch den Knoten eines Graphen repräsentiert. Aus dessen k -Färbbarkeit lassen sich Rückschlüsse über Relationen der Räume zueinander ziehen [SH90].

Für die Visualisierung und Analyse von Gebäudedaten gibt es verschiedene Methoden. Folgende Methoden haben sich in früheren Arbeiten als leistungsfähig erwiesen (Auswahl): Streudiagramme, Parallele Koordinaten, Baumdiagramme, Matrizen [Kei+10; CBT30].

Streudiagramme und Parallele Koordinaten werden z. B. für die Analyse des Licht-einfalls in Abhängigkeit von der Fensteranzahl, -größe und -ausrichtung genutzt

[CBT30]. In dieser Arbeit sollen diese Analysemethoden nicht weiter betrachtet werden.

Matrizen hingegen werden genutzt, um die Einteilung einer Gebäudeebene in einem Raster zu implementieren. Damit lassen sich Position und Ausdehnung von Räumen beschreiben. Ebenso können andere Informationen über einzelne Räume in einer Matrix organisiert werden. Ein Baumdiagramm kann für die Organisation von Raumelementen verwendet werden.

2.4 Zusammenfassung

Datenphysikalisierung hat sich als eine gute Methode erwiesen, um Informationen für blinde und sehbehinderte Menschen zugänglich zu machen. Des Weiteren wird durch TUIs und Shape Displays eine kollaborative Interaktion für die Umsetzung eines Raumelegungsplans ermöglicht. Um eine effektive Gebäudeanalyse zu realisieren, werden bestehende Datensätze mit Inhalten über Barrierefreiheit genutzt und mit Hilfe von Baumdiagrammen und Matrizen organisiert. Für die physischen Besonderheiten wird sich auf bereits bestehende Methoden des Architekturentwurfs gestützt. Der interaktive Raumelegungsplan soll am Ende die Daten visuell, taktil und auditiv darstellen.

Verwandte Arbeiten

“ [...] conception and visualization are always simultaneous.

— Walter Adolf Georg Gropius
(Gründer des Bauhaus)

Für das Konzept eines Raumelegungsplans werden wissenschaftliche Arbeiten im Bereich der barrierefreien Navigation sowie der Evaluierung von Datenphysikalisierung in Form von Balkendiagrammen betrachtet. Ebenso wird eine online Variante eines universitären Raumelegungsplans vorgestellt.

3.1 Bestehende Projekte der Navigation für blinde und sehbehinderte Menschen

Da sich GPS für die Indoor-Navigation als ungeeignet erwiesen hat, können die meisten bisher entwickelten Navigationstools ausschließlich für die Outdoor-Navigation genutzt werden. Eines der wenigen Projekte, welches sich erfolgreich mit Indoor-Navigation beschäftigt, ist Accessible Maps, welches an der Technischen Universität Dresden (TU Dresden) entwickelt wurde [Jul20]. Hierfür werden Techniken der Videoanalyse, Computervision und Bildverarbeitungsmethoden verwendet, um Gebäude für die Erstellung von Indoor-Karten zu analysieren. Des Weiteren wurde erforscht, wie aus den erhaltenen Daten eine komfortable taktile Karte erstellt werden kann [EW43].

Die entstandenen Karten werden als barrierefreie Web-Anwendung realisiert [Jul20]. Der Vorteil hierbei ist die ständige Verfügbarkeit der Karten ohne Bindung an einen festen Standort. Dazu kommt, dass die Karten individuell anpassbar sind, so dass ein selbstständiges Planen möglich ist. Ebenso lassen sich taktile Karten auf Basis der entstandenen Daten erstellen oder die Karte auf einem taktilen Display plotten. Denkbar wäre eine Nutzung der Daten, die in Accessible Maps erfasst wurden, um einen interaktiven Raumelegungsplan zu realisieren.

In anderen Projekten zur Outdoor-Navigation wurde bereits erforscht wie sich äußere Einflüsse und Objekte von Software erkennen lassen. Thematisch unterscheidet sich dies von der Indoor-Navigation, die dort erprobten Methoden könnten jedoch für die Orientierung innerhalb von Gebäuden relevant sein. Ein weiteres Projekt zur Navigation, welches sich vorrangig mit 3D-Erkennung von Objekten zur Orientierung beschäftigt, ist Cityscapes [Gäh+20]. Dieses Projekt befasst sich mit bestehenden Problemen des autonomen Fahrens.

In bisheriger Erkennungssoftware für das autonome Fahren wird meist Lidar - eine radarverwandte Methode - genutzt, um Abstände angrenzender Objekte zu erfassen und zu analysieren. Hier besteht das Problem, dass es oft zu Messungenauigkeiten auf Grund von falscher Kalibrierung der Sensoren oder sich zu schnell bewegenden Objekten kommt. [Gäh+20]

Im Projekt Cityscapes wurde die Idee verfolgt, stereo RGB-Bilder auszuwerten. Getestet wurde dies an PKWs, Fahrrädern und anderen Fahrzeugen im Straßenverkehr. Das Erkennen der Daten wird mit 3D Bounding Box Annotations realisiert - also der Analyse der interessanten Objekte mit Hilfe von künstlicher Intelligenz [Kon+84]. Diese geht dabei wie folgt vor:

- Ausschluss von Objekten, die zu mindestens 60 % verdeckt sind
- Zuordnung der restlichen erkannten Objekte nach einer vordefinierten Liste zu einer bestimmten Fahrzeugart
- Einteilung der Objekte in vordefinierte Kategorien hinsichtlich Größenverhältnis und Ausdehnung
- Bestimmung der Position der Bounding Box durch eine vorgegebene Größentabelle der jeweiligen Kategorie

Somit können alle 9 Freiheitsgrade ¹ (Position (x, y, z) , Ausdehnung (Länge, Breite, Höhe) und Eulerwinkel (Längs-, Quer-, Vertikalachse)) der umliegenden Objekte erfasst werden (Abb. 3.1) [Gäh+20; LL 1].

Dieses Projekt dient eher der Anwendung für Outdoor-Navigation, speziell für autonomes Fahren. Die Ansätze zur Erkennung von Störfaktoren wären dennoch für die Indoor-Navigation denkbar: Bestehende Gebäude könnten mit dieser Technik präzise analysiert und aus den entstandenen Daten eine Karte erstellt werden.

¹siehe Anhang



Abb. 3.1.: 3D Bounding Box Annotation in einem RGB-Bild [Gäh+20]. Daraus kann eine räumliche Einordnung des Objektes erstellt werden.

3.2 Projekt zur Evaluierung von Datenphysikalisierung

Das Projekt von Stusak evaluiert und veranschaulicht die Effizienz der Datenphysikalisierung:

Hier wurden die Vor- und Nachteile von zweidimensionalen und dreidimensionalen Balkendiagrammen mit 16 Proband*innen getestet und verglichen [SHB99]. Dabei wurde untersucht, wie die taktilen Komponenten (Greifen, Anheben, Auf- und Abbauen der Objekte) und die damit verbundenen Gewichte und Volumina der dargestellten abstrakten Daten einen Einfluss darauf haben, wie gut der Beobachtende sich an die wahrgenommenen Daten erinnern kann [SHB99].

Es hat sich gezeigt, dass eine dreidimensionale Darstellung zu einem besseren Verständnis der Daten führt; vorausgesetzt die Repräsentation fokussiert sich auf die relevanten Daten und stellt diese mit mehreren einfachen Charakterisierungsmerkmalen dar (eintönige Farben, deutlicher Höhenunterschied, deutlich erkennbare taktile Unterschiede, u. a.) [TSD40]. Ebenso sollte beachtet werden, dass die Abstufung der Höhenunterschiede nicht zu fein ist, da eine Unterscheidung der einzelnen Komponenten somit erschwert wird [SHB99].

Dazu kommt, dass die Wahrnehmung von Daten mit mehreren Sinnen gleichzeitig ein effektiveres Verstehen ermöglicht [ZAR68]. Insgesamt konnten die Proband*innen sich die dreidimensional dargestellten Daten besser merken als die zweidimensionalen. Allerdings ist die Herstellung dreidimensionaler Datenphysi-

kalisierungen aufwendiger und deutlich kostenintensiver im Vergleich zu einer zweidimensionalen Darstellung.

3.3 Projekt zur Raumsuche und Raumbelugung innerhalb von Universitäten

Das Projekt „Hochschulübergreifendes Flächenmanagement“ ist ein Beispiel für eine universitäre Raumbelugungsfunktion in Form einer Webanwendung. Dieses entstand 2016 im Rahmen einer Kooperation der TU Dresden mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW Dresden) [Tec22b]. Die Webanwendung ist über den Campusnavigator für Studierende und Wissenschaftliche Mitarbeitende beider Hochschulen zugänglich [Tec22c].

Über die „Freiraumsuche“ ist es nach Authentifizierung mit dem ZIH-Login² möglich, freie Räume nach Datumseingabe, oder einen gezielten Raum nach Kapazitäten zu suchen (siehe Abb. 3.2).

PROJEKT "HOCHSCHULÜBERGREIFENDES FLÄCHENMANAGEMENT" 2014 - 2016

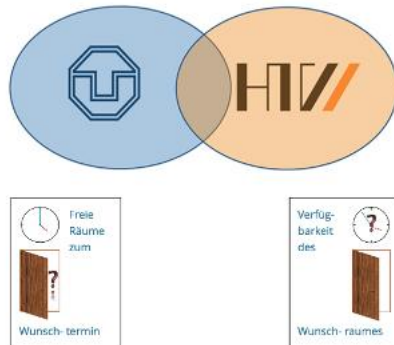


Abb. 3.2.: Freiraumsuche des Campusnavigator [Tec22c]

Bei der Auswahl „Freie Räume zum Wunschtermin“ (siehe Abb. 3.2) hat der Nutzer die Möglichkeit, eine beliebige Kalenderwoche und Doppelstunde anzugeben oder

²Das Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen (ZIH) bietet für alle Studierenden, Wissenschaftlichen Mitarbeitenden und Angestellten der TU Dresden eine eindeutige Benutzendenerkennung innerhalb der Universität an [Tec22g]

konkret nach einem Wochentag zu suchen. Für Räume innerhalb der HTW Dresden kann zusätzlich ein Filter für die vorhandene Raumausstattung angewendet werden. Anschließend werden freie Räume sowohl für die TU Dresden, als auch für die HTW Dresden angezeigt. Bei Auswahl eines Raumes erscheinen nähere Informationen und die Möglichkeit den Gebäudeplan des betreffenden Gebäudes innerhalb des Campusnavigator anzuzeigen. Abb. 3.3 zeigt ein Beispiel für eine Raumsuche nach Wunschtermin. Abb. 3.4 zeigt den dazugehörigen Gebäudeplan des ausgewählten Raumes.

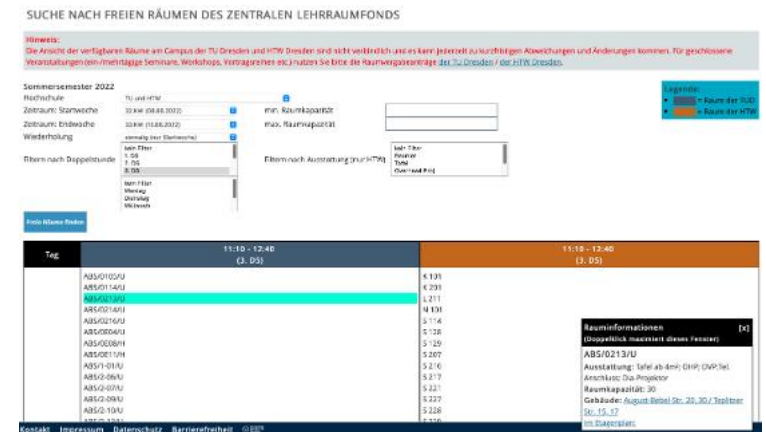


Abb. 3.3.: Freiraumsuche des Campusnavigator nach Wunschtermin [Tec22d]

Wenn der Nutzer die „Verfügbarkeit des Wunschraumes“ (siehe Abb. 3.2) auswählt, erhält er hier die Möglichkeit nach einer bestimmten Kalenderwoche und einem gezielten Raum innerhalb eines Gebäudes zu suchen. Anschließend wird ihm die Verfügbarkeit des Raumes innerhalb der angegebenen Kalenderwoche angezeigt. Abb. 3.5 zeigt eine beispielhafte Ausgabe der Wunschraumsuche.

Teile des Ablaufs dieser Raumsuche und der Raumbelugungsmöglichkeit könnten für den interaktiven Raumbelugungsplan übernommen werden. Allerdings muss abgewogen werden, wie anwendungsfreundlich diese online Variante für blinde und sehbehinderte Menschen ist. Dies wird innerhalb der Evaluation vorgenommen (siehe Kapitel 4.4).



Abb. 3.4.: Gebäudeplan des ausgewählten Raumes [@Tec22e]

Sommersemester 2022

Hochschule: TU
 Raum: AP05036U
 Zeitraum: Sommerwoche
 Zeitraum: Sommerwoche
 Zeitraum: Sommerwoche
 Zeitraum: Sommerwoche

Legende:
 Blau: Räume über 1000
 Rot: Räume über 1000

| Doppelstunde | Montag | Dienstag | Mittwoch | Donnerstag | Freitag |
|-----------------------|--------|----------|----------|------------|---------|
| 7:30 - 9:00 (1. DS) | frei | frei | frei | frei | frei |
| 9:20 - 10:50 (2. DS) | frei | frei | frei | frei | frei |
| 11:10 - 12:40 (3. DS) | frei | frei | frei | frei | frei |
| 13:00 - 14:30 (4. DS) | frei | frei | frei | frei | frei |
| 14:50 - 16:20 (5. DS) | frei | frei | frei | frei | frei |
| 16:40 - 18:10 (6. DS) | frei | frei | frei | frei | frei |
| 18:30 - 20:00 (7. DS) | frei | frei | frei | frei | frei |

Abb. 3.5.: Verfügbarkeit des Raumes in der angegebenen Kalenderwoche [@Tec22b]

3.4 Zusammenfassung

Es gab bereits Projekte, die sich erfolgreich mit Indoor-Navigation für blinde und sehbehinderte Menschen beschäftigt haben, allerdings sind diese in ihrer Anwendung noch nicht sehr verbreitet. Ebenso wurden Projekte zur Raumsuche und Raumbelugung innerhalb von Universitäten durchgeführt, welche auf ihre Anwendungsfreundlichkeit für blinde und sehbehinderte Menschen noch evaluiert werden müssen. Mit Hilfe von anderen Projekten und Studien zum Thema Datenphysikalisierung und Objekterkennung sind somit erste Grundlagen geschaffen, um einen interaktiven Raumbelugungsplan in Form einer Kombination aus taktilem Karte und Shape Display zu realisieren.

Interaktionskonzept zur Exploration und Manipulation der Darstellung

Am Anfang des Konzepts soll mit Anwendungsfällen, Betrachtung der notwendigen Funktionalitäten und einer Empathy Map verdeutlicht werden, welche Problemstellung bezüglich der festgelegten Zielgruppe vorliegt. Daraufhin soll mit den erarbeiteten Methoden der vorherigen Kapitel ein Entwurf gestaltet werden, der:

- farbtechnisch auf farbenblinde Menschen angepasst ist,
- taktil wahrnehmbar ist, insbesondere für blinde und sehbehinderte Menschen,
- Informationen mittels Datenphysikalisierung vermittelt sowie
- über multivariate Datenanalyse ein interaktives Raumbelugungssystem realisiert.

Der erstellte Prototyp soll mittels einer Pilotstudie getestet und auf eine Kosten-Nutzen-Analyse evaluiert werden.

4.1 Analyse

4.1.1 Sehbeeinträchtigungen

Um einen Raumbelugungsplan auf blinde und sehbehinderte Menschen abzustimmen, muss differenziert werden, welche Sehbeeinträchtigungen es gibt und was in diesen Fällen bei der Darstellungsform und -farbe der Daten beachtet werden muss. Der Raumbelugungsplan sollte so viele Sehbeeinträchtigungen wie möglich abdecken.

Es folgt eine Auflistung an Sehbeeinträchtigungen, die im Konzept abgedeckt werden sollen (nach Definition in Deutschland) [Pfa+17; @Dr 22; @Ber22]:

- Blindheit (Sehschärfe auf dem besseren Auge liegt mit Brille oder Kontaktlinse bei höchstens 2%)
- Hochgradige Sehbehinderung (Sehstärke beider Augen liegt bei höchstens 5%)
- Sehbehinderung (Sehstärken-Kombination beider Augen zwischen 40% - 2% oder 20% - 20%)
- Dichromasie (partielle Farbenblindheit)
 - Protanopie oder “Rotblindheit“ (Problem bei der Unterscheidung zwischen Rot und Grün)
 - Deutanopie oder “Grünblindheit“ (Problem bei der Unterscheidung zwischen Grün und Rot)
 - Tritanopie oder “Blaublindheit“ (Problem bei der Unterscheidung zwischen Blau und Gelb)
- Achromatopsie oder “totale Farbenblindheit“ (Sehen in Graustufen, keine Farbwahrnehmung)

Bei Protanopie und Deutanopie sei angemerkt, dass Betroffene eine relativ ähnliche Farbwahrnehmung haben. Der Unterschied der beiden Farbenblindheiten liegt im Erbgut; Protanopie tritt seltener auf als Deutanopie.

4.1.2 Betrachtung visueller Aspekte

Die meisten Gebäudepläne werden aktuell rein visuell dargestellt: Fluchtpläne, Raumpläne oder Raumbelagungspläne, usw.; die meistgenutzten Darstellungsformen sind in visueller Form (z. B. auf Papier ausgedruckte Fluchtpläne öffentlicher Gebäude) vorhanden. Hierbei wird nicht immer auf eine Farbpalette, welche für farbenblinde Menschen wahrnehmbar ist, zurückgegriffen, was Abb. 4.1 veranschaulicht.

Visuelle Varianten, wie z. B. Gebäudepläne oder Fluchtpläne gibt es auch in taktilen Varianten, was aber nicht flächendeckend der Fall ist. Der interaktive Raumbelagungsplan soll einerseits eine unkomplizierte Raumbelegung und Raumsuche für blinde Menschen ermöglichen. Andererseits soll die Interaktion nicht nur für blinde Menschen allein, sondern für alle Menschen mit Sehbehinderung angepasst werden. Dabei soll die Interaktion und Raumsuche im besten Fall komplett taktil und auditiv

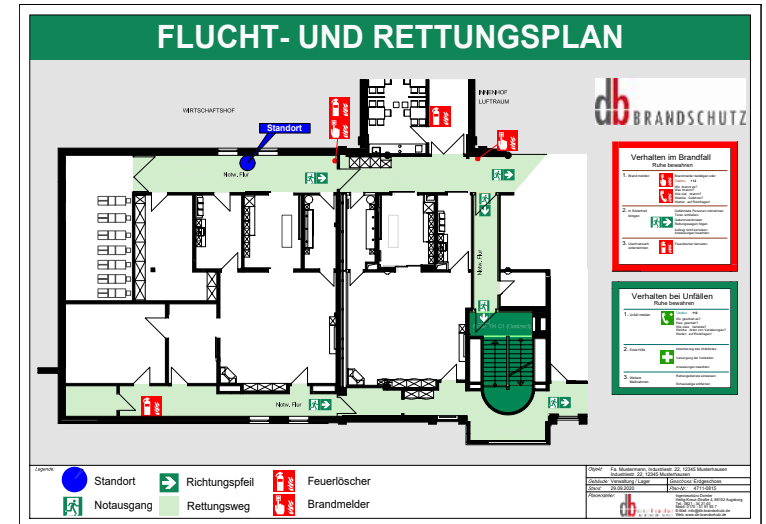


Abb. 4.1.: Fluchtpläne in Deutschland sind meist in Grün- und Rottönen gehalten, was mit Protanopie oder Deutanopie schlecht unterscheidbar ist [@Man22]

möglich sein. Die Farbwahl sollte für farbenblinde Menschen optimiert sein und einen möglichst hohen Kontrast besitzen. Des Weiteren soll es auch Administrator*innen, die eine Form der Dichromasie oder Achromatopsie haben, möglich sein, die Raumbelagungspläne innerhalb eines Semesters bearbeiten zu können.

4.1.3 multivariate Datenanalyse von Gebäudeplänen

Bei einem Raumbelagungsplan müssen mehrere verschiedene Daten gleichzeitig ausgewertet werden, die zum Teil voneinander abhängig sind. Darum ist die Auswahl einer Methode zur multivariaten Datenanalyse notwendig. Folgende Variablen müssen dafür berücksichtigt werden:

- Name des Raums
- Art des Raums: Handelt es sich z. B. um einen Seminarraum, der belegbar ist? Oder um einen Raum, z. B. eine Toilette, die prinzipiell nicht belegbar ist?
- Verfügbarkeit: Ist der Raum belegt oder frei?

- Wochentag: Für welchem Wochentag wird ein Raum gesucht?
- Doppelstunde: Für welche Doppelstunde wird ein Raum gesucht?

Darüber hinaus kann und soll der Raumbellegungsplan zusätzliche Funktionen zur interaktiven Nutzung besitzen, z. B. eine Audioausgabe, Möglichkeit einer selbstständigen Raumbellegung und einer selbstständigen Orientierung.

Zusätzlich sollte eine Authentifizierung am interaktiven Raumbellegungsplan möglich sein, damit die Raumbellegung über einen gezielten Nutzenden laufen. d. h. es muss eine persistente Datenbank über die Zugangsdaten des Nutzenden existieren (vgl. Kapitel 4.2.4).

4.1.4 Analyse der Problemstellung

Für die bessere Auswahl der benötigten Funktionalitäten werden vier verschiedene Anwendungsfälle (Use Cases = UC) näher beleuchtet, um so die bestehende Problematik zu verdeutlichen:

UC1 Bernd ist querschnittsgelähmt und ist deshalb im Alltag auf einen Rollstuhl angewiesen. Er hat ein Treffen für seine Bachelorarbeit in der 2. Etage der Informatikfakultät mit seiner Betreuerin. Die interaktive Karte ist rollstuhlfahrergerecht: Bernd kann direkt an die Karte heranfahren. Die Karte zeigt Bernd an, wo sich Aufzüge im Gebäude befinden, damit er problemlos in den 2. Stock gelangen kann.

UC2 Lisa hat Deuteranopie: Sie kann schwer zwischen Rot- und Grüntönen unterscheiden. Sie möchte während der Prüfungsphase einen Raum in der Informatikfakultät für ihre Lerngruppe in der 3. Doppelstunde belegen. Die Farbwahl der belegbaren Räume des Raumbellegungsplans ist auf die verschiedenen Formen der Farbenblindheit angepasst: Lisa kann also genau erkennen, welche Räume noch frei und welche belegt sind.

UC3 Hans lebt mit Achromatopsie: Er kann keine Farben unterscheiden und sieht die Welt in Graustufen. Hans ist Administrator des interaktiven Raumbellegungsplans: Er hat die Aufgabe, am Anfang des Semesters die Vorlesungs- und Übungstermine in dem Raumbellegungsplan einzutragen. Der Farbkontrast des Wartungsprogramms ist an totale Farbenblindheit angepasst; somit kann Hans die Farben des Wartungsprogramms unterscheiden und problemlos die Termine eintragen.

UC4 Kim ist seit ihrer Geburt blind, d. h. sie hat eine Sehkraft von weniger als 2% auf dem besser sehenden Auge. Kim ist ebenfalls Teil von Lisas Lerngruppe und weiß, dass sich ihre Kommiliton*innen im Raum E048 treffen. Der interaktive Raumbellegungsplan zeigt ihr die belegten und die freien belegbaren Räume mit einem Shape Display an. Am Höhenunterschied findet sie schnell die belegten Räume, die auf ihre Suche zutreffen können. Durch Druckeinwirkung auf die einzelnen belegbaren Räume erfolgt eine auditive Ausgabe, um welchen Raum es sich handelt. Zusätzlich besitzen die Räume, die als Shape Display dargestellt sind, eine Beschriftung in Brailleschrift. Sobald sie den Raum E048 gefunden hat, kann sie an Hand der taktilen Karte zwischen den Räumen, Gängen, Treppen, Aufzügen, Toiletten und ihrem aktuellen Standort unterscheiden. Somit kann sie ertasten auf welchem Weg sie am besten zum Raum E048 gelangt.

Zur besseren Veranschaulichung, wie sich Personen der ausgewählten Zielgruppe fühlen könnten, wird eine Empathy Map genutzt, um weitere offene Probleme bei der Indoor-Navigation zu analysieren (Abb. 4.2).

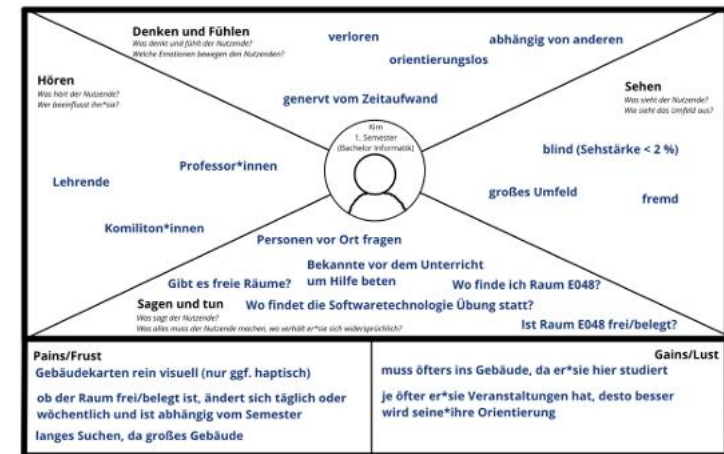


Abb. 4.2.: Empathy Map über einen blinden Studierenden

4.1.5 Funktionalitäten

Basierend auf den Anwendungsfällen werden Funktionalitäten aufgelistet, die der interaktive Raumbelegungsplan erfüllen muss (FU = *Functionality User*, FA = *Functionality Administrator*):

FU1 Starten der Raumsuche

- Der Nutzende kann durch Tastenbestätigung die Raumsuche starten.
- Anwendungsfälle: UC1, UC2, UC3, UC4

FU2 Starten der Raumbelegung

- Der Nutzende kann durch Tastenbestätigung die Raumbelegung starten. Anschließend ist eine Authentifizierung notwendig.
- Anwendungsfälle: UC1, UC2, UC3, UC4

FU3 Authentifizierung Nutzender

- Der Nutzende kann sich authentifizieren.
- Anwendungsfälle: UC2

FU4 Auswahl Wochentag

- Der Nutzende kann einen beliebigen Wochentag für die Raumsuche/Raumbelegung auswählen.
- Anwendungsfälle: UC1, UC2, UC3, UC4

FU5 Auswahl Doppelstunde

- Der Nutzende kann eine beliebige Doppelstunde für die Raumsuche/Raumbelegung auswählen
- Anwendungsfälle: UC1, UC2, UC3, UC4

FU6 Ausgabe keine Belegung möglich

- Dem Nutzenden soll per Audioausgabe mitgeteilt werden, falls zum gewählten Wochentag und zur gewählten Doppelstunde kein belegbarer Raum frei ist. Der Nutzende wird daraufhin aufgefordert einen anderen Wochentag und eine andere Doppelstunde auszuwählen.
- Anwendungsfälle: UC1, UC2, UC3, UC4

FU7 Anzeige freier und belegter Räume

- Dem Nutzenden soll über das Shape Display angezeigt werden, welche der Räume belegt und welche frei sind.
- Anwendungsfälle: UC1, UC2, UC3, UC4

FU8 Rauminformationen erhalten

- Der Nutzende kann durch physische Eingabe durch Drücken auf den freien Raum seiner Wahl Informationen über diesen erfahren (Name und Art des Raums).
- Anwendungsfälle: UC1, UC2, UC3, UC4

FU9 Raum belegen

- Der Nutzende kann durch Drücken auf den Raum diesen zu dem eingegebenen Wochentag und der gewünschten Doppelstunde belegen.
- Anwendungsfälle: UC2

FU10 Belegungsbestätigung

- Dem Nutzenden soll per Audioausgabe mitgeteilt werden, welcher Raum (Raumname), für welchen Wochentag und zu welcher Doppelstunde belegt wurde.
- Anwendungsfälle: UC2

FU11 Raumsuche/Raumbelegung abbrechen

- Der Nutzende hat jederzeit die Möglichkeit, die Raumsuche/Raumbelegung durch Tastenbestätigung abzubrechen.
- Anwendungsfälle: UC1, UC2, UC3, UC4

FU12 Beenden der Interaktion und Ausloggen

- Die Interaktion wird nach erfolgreicher Belegung eines Raumes oder nach Abbruch der Raumsuche/Raumbelegung beendet und der Nutzende automatisch vom System abgemeldet.
- Anwendungsfälle: UC2

FA1 Einschalten des interaktiven Raumbelegungsplans

- Dem Administrator*in ist es möglich die interaktive Raubelegungskarte einzuschalten.
- Anwendungsfälle: UC3

FA2 Auswahl Wartung oder Anwendungsmodus

- Dem Administrator*in ist es möglich zwischen der Wartungsfunktion und dem Anwendungsmodus auszuwählen.
- Anwendungsfälle: UC3

FA3 Authentifizierung Administrator

- Der Administrator*in muss sich bei Auswahl der Wartungsfunktion mit validen Administrator*innen-Zugangsdaten authentifizieren.

FA4 Auswahl Semesterplan

- Der Administrator*in kann auf dem Startbildschirm alle Seminarräume auswählen. Nach erfolgter Auswahl sieht er den Semesterplan-Bildschirm.
- Anwendungsfälle: UC3

FA5 Zurücksetzen aller Semesterpläne

- Der Administrator*in kann auf dem Startbildschirm alle Seminarräume auf einmal zurücksetzen. Jeder Seminarraum ist nach dem Zurücksetzen an jedem Wochentag und zu jeder Doppelstunde frei.
- Anwendungsfälle: UC3

FA6 Bearbeitung Semesterplan

- Der Administrator*in kann auf dem Semesterplan-Bildschirm festlegen, zu welchen Zeitpunkten der ausgewählte Raum belegt oder frei ist.
- Anwendungsfälle: UC3

FA7 Speichern Semesterplan

- Der Administrator*in kann auf dem Semesterplan-Bildschirm den Semesterplan nach der Bearbeitung speichern.
- Anwendungsfälle: UC3

FA8 Beenden Semesterplan

- Der Administrator*in kann auf dem Semesterplan-Bildschirm die Bearbeitung beenden: Falls er seine Änderungen vorher nicht gespeichert hat, gehen diese verloren.
- Anwendungsfälle: UC3

FA9 Zurücksetzen eines Semesterplan

- Der Administrator*in kann auf dem Semesterplan-Bildschirm einen einzelnen Semesterplan zurücksetzen. Daraufhin wird an jedem Wochentag und zu jeder Doppelstunde dieser Raum als "frei" markiert. Diese Eingabe wird automatisch gespeichert.
- Anwendungsfälle: UC3

FA10 Wartungsfunktion Beenden

- Der Administrator*in kann die Wartungsfunktion beenden. Dabei wird er automatisch ausgeloggt und wechselt in den Anwendungsmodus.
- Anwendungsfälle: UC3

FA11 Ausschalten des interaktiven Raubelegungsplans

- Der Administrator*in kann den interaktiven Raubelegungsplan ausschalten.
- Anwendungsfälle: UC3

„Anwendungsmodus“ bedeutet hierbei, dass der Nutzende ausschließlich zwischen Raumsuche und Raubelegung wählen kann.

4.2 Konzept des Raubelegungsplans

In diesem Kapitel soll anhand eines Gebäudes der TU Dresden eine taktile Karte mit einem integrierten Shape Display konzipiert werden. Aus dieser Kombination wird ein interaktiver Raubelegungsplan für blinde und sehbehinderte Menschen entwickelt. Das Konzept bietet die Basis für die spätere Implementierung.

4.2.1 Zu analysierendes Gebäude

Für das Konzept sollen ein real existierendes Gebäude analysiert und dafür passende taktile Graphiken ausgewählt werden. Die Wahl fällt hierbei auf den Andreas-Pfitzmann-Bau - Fakultät Informatik - TU Dresden, Nötzhnitzer Straße 46, 01187 Dresden (APB). Der Gebäudeplan des Erdgeschosses ist in Abb. 4.3 dargestellt.



Abb. 4.3.: Gebäudeplan des Erdgeschosses des APB in Dresden [@Tec22a]

Legende zu Abb. 4.3 (Mit ausgewählten Farben für farbenblinde Menschen):

- Hellgelb: belegbarer Seminarraum
- Hellblau: Toilette
- Dunkelblau: Barrierefreie Toilette
- Hellrot: Treppe
- Dunkelrot: Aufzug

Die relevanten Elemente des Gebäudes sollen dabei wie folgt dargestellt werden:

- Seminarraum als belegbarer Raum: Realisierung über Shape Display
 - frei: maximale Höhe

- belegt: minimale Höhe
- nicht belegbarer Raum: taktile Karte mittels 3D-Druck
 - Treppe
 - Aufzug
 - Toilette
 - barrierefreie Toilette
 - Tür
 - offener Raum (Computerkabinett, u. A.)
 - Standort der Karte
 - Objekte, die Hindernisse sein könnten (z. B. Skulpturen)
 - sonstige Räume (Büro-, Arbeitszimmer, ...)

Im interaktiven Raumbelungsplan soll es möglich sein innerhalb der Doppelstunden der TU Dresden einen Raum zu belegen (vgl. Tab. 4.1).

| | |
|-----------------|-------------------|
| 1. Doppelstunde | 07:30 - 09:00 Uhr |
| 2. Doppelstunde | 09:20 - 10:50 Uhr |
| 3. Doppelstunde | 11:10 - 12:40 Uhr |
| 4. Doppelstunde | 13:00 - 14:30 Uhr |
| 5. Doppelstunde | 14:50 - 16:20 Uhr |
| 6. Doppelstunde | 16:40 - 18:10 Uhr |
| 7. Doppelstunde | 18:30 - 20:00 Uhr |
| 8. Doppelstunde | 20:20 - 21:50 Uhr |

Tab. 4.1.: Zeitraster der Technischen Universität Dresden [@Tec22f]

4.2.2 Konzept der taktilen Karte

Die taktile Karte soll es dem blinden oder sehbehinderten Nutzenden ermöglichen, sich innerhalb des Gebäudes selbstständig zu orientieren. Bei der Wahl des Designs wurde sich an üblich genutzten taktilen Graphiken orientiert (siehe [EW43], Abb. 4.4 und Abb. 4.5). Die taktilen Graphiken, die für den interaktiven Raumbelungsplan genutzt werden sollen, sind in Abb. 4.6 zu sehen.



Abb. 4.4.: Taktile Gebäudeplan des Hauptbahnhofs in Hannover, Deutschland
Material: Metall

Für die Stahlskulpturen wurde dieselbe Form wie im originalen Gebäudeplan gewählt, ein einfacher Kreis. Um den aktuellen Standort von den Stahlskulpturen unterscheiden zu können, wird ein fünfzackiger Stern verwendet. Dieser wird auch in anderen taktilen Gebäudeplänen wegen seiner markanten Form genutzt [Eng+20].

Da es bei diesem Gebäudeplan sehr viele waagerechte und senkrechte Linien gibt, wurden für die Treppen bewusst Linien mit 45°-Neigung gewählt. Diese heben sich von den Umrandungen der Räume und des Gebäudes deutlich ab.

Aufzüge sollen durch einen Pfeil der nach oben, und einen Pfeil der nach unten zeigt, repräsentiert werden. Dieses Symbol wird auf taktilen Karten häufig genutzt [Eng+20]. Außerdem findet man dieses Symbol häufig bei den Knöpfen von Aufzügen, weshalb es intuitiv verständlich ist.

Um die Karte so einfach wie möglich zu halten, gibt es nur ein Symbol für das Element Toilette. Die Unterscheidung zwischen Damen- und Herrentoilette befindet sich innerhalb von Gebäuden der TU Dresden auf den taktil bedruckten Schildern direkt neben der Toilettentür (siehe Abb. 4.7). Barrierefreie Toiletten hingegen werden taktil unterschieden, da diese gesondert auch im Plan des Campusnavigators vermerkt sind.



Abb. 4.5.: Taktile Gebäudeplan des Bürogebäudes Zellescher Weg der Technischen Universität Dresden, Deutschland
Material: Hartplastik



Abb. 4.6.: Legende der verwendeten Elemente der taktilen Karte

Türen werden durch kurze, senkrechte Striche dargestellt. Offene Räume, wie Computerkabinette, werden mit durchbrochene Raumumrandungen dargestellt (siehe Abb. 4.9). Alle anderen Räume haben eine geschlossene Umrandung (siehe Abb. 4.8).



Abb. 4.7.: Taktile Schilder der Damen- und Herrentoiletten der TU Dresden mit Brailleschrift

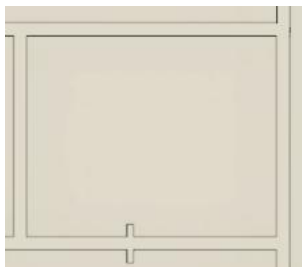


Abb. 4.8.: geschlossener Raum innerhalb des Gebäudes mit einer Tür



Abb. 4.9.: offener Raum innerhalb des Gebäudes ohne Türen (z. B. Computerkabinett, Sitzzecke, u. A.)

Zur Herstellung einer taktilen Karte wären zwei verschiedene Materialien denkbar: Kunststoff oder Metall. Bei der Auswahl des Materials sind die individuellen Vor- und Nachteile beider Alternativen zu beachten (siehe auch: Kapitel 4.5):

- Eine taktilen Karte aus Kunststoff ist günstiger und leichter herzustellen. Der Nachteil besteht in der geringeren Stabilität.
- Eine taktilen Karte aus Metall ist in der Herstellung zwar aufwendiger und kostenintensiver, dafür aber langlebiger und belastbarer.

Es ist sinnvoll den interaktiven Raumbelungsplan in der Nähe des Haupteingangs zu installieren. Eine Leitung von blinden oder sehbehinderten Menschen zu der Karte wäre über Leitsysteme denkbar; in Abb. 4.10 und Abb. 4.11 finden sich Beispiele dafür.



Abb. 4.10.: Leitsystem im Deutsch Historischen Museum in Berlin

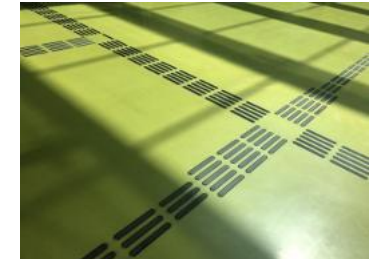


Abb. 4.11.: Leitsystem innerhalb des APB in Dresden

4.2.3 Konzept des Shape Displays

Um das Raumbelungssystem interaktiv zu gestalten, wird ein Shape Display in die taktilen Karte integriert.

Da es sich bei der späteren Implementierung um einen Prototyp handelt, werden der Einfachheit wegen nur vier der insgesamt 13 möglichen Seminarräume durch das Shape Display repräsentiert. Auf Grund der technischen Möglichkeiten wurden speziell die Räume E040, E042, E065 und E069 ausgewählt (siehe Abb. 4.12). Obwohl hier nur das Erdgeschoss des APBs mit vier Seminarräumen betrachtet wird, ist eine Weiterentwicklung der Karte für mehrere Etagen und Räume denkbar (vgl. Kapitel 5).

Für die 2,5-dimensionale Darstellung sollen die belegbaren Räume einen unterschiedlichen Höhenwert erhalten, um eine taktilen Unterscheidung zu ermöglichen. Dabei sollen Räume, die frei sind, den maximalen Höhenwert und Räume, die belegt sind, den minimalen Höhenwert erhalten. Die minimale Höhe liegt 0,5 cm über



Abb. 4.12.: Seminarräume im Erdgeschoss des APB: Die rot markierten Bereiche zeigen die vier ausgewählten Seminarräume mit Raumnummer an, welche im Prototyp durch das Shape Display dargestellt werden sollen.

der Karte. Damit die Karte gut lesbar ist, soll es keine weiteren Abstufungen des Höhenwerts geben [SHB99].

4.2.4 Authentifizierung

Wenn eine Person einen Raum belegen möchte, muss eine Authentifizierung am interaktiven Raumbelegungsplan stattfinden. Dies könnte durch die Eingabe einer eindeutigen Identifikationsnummer umgesetzt werden: Da die Interaktion hauptsächlich über das Shape Display abläuft, soll es möglichst wenige andere Hardware-Schnittstellen geben. Aus diesem Grund soll auf die Anbringung einer kompletten Tastatur verzichtet werden und der interaktive Raumbelegungsplan ausschließlich um einen Ziffernblock erweitert werden, welcher mit Brailleschrift versehen ist. Die Identifikationsnummer sollte dabei aus mindestens fünf Ziffern bestehen, um zu gewährleisten, dass alle Studierenden eine eindeutige Identifikationsnummer erhalten.¹ Denkbar wäre die Eingabe der Matrikelnummer, welche aus

¹Eine vierstellige PIN ermöglicht $10^4 = 10.000$ mögliche PINs, eine fünfstelligen dagegen $10^5 = 100.000$ mögliche PINs. Bei ca. 36.000 Studierenden pro Jahr an der TU Dresden muss deshalb mindestens eine fünfstelligen PIN vergeben werden um PIN-Dopplung zu vermeiden.

sieben Ziffern besteht und den Studierenden geläufig ist. Zusätzlich wird die Eingabe einer vierstelligen PIN verlangt: Nur wenn Matrikelnummer und PIN eine valide Kombination bilden, ist die Authentifizierung erfolgreich. Somit wird unterbunden, dass Nutzende eine beliebige Matrikelnummer eingeben und unter einem fremden Namen einen Raum belegen. Denkbar wäre, dass jeder Studierende sich selbst eine vierstelligen PIN bei einem Administrator*in am Anfang seines Studiums festlegen kann.²

4.2.5 Funktionen des interaktiven Raumbelegungsplans

Das Programm des interaktiven Raumbelegungsplans besitzt drei Funktionen: eine Wartungsfunktion für Administrator*innen, sowie eine Raumsuch- und eine Raumbelegungsfunktion für Nutzende.

- Nach Inbetriebnahme des Programms (FA1) hat der Administrator*in die Möglichkeit zwischen der Wartung und dem Anwendungsmodus zu wählen (FA2).
- Bei Auswahl der Wartungsfunktion werden Administrator*innen-Zugangsdaten abgefragt (FA3). Die Eingabe erfolgt über einen Touchscreen.
- Nach erfolgreicher Authentifizierung lassen sich Raumbelegungspläne einzeln auswählen (FA4), sowie alle Pläne auf einmal zurücksetzen (FA5).
- Bei der Auswahl eines einzelnen Semesterplans hat der Administrator*in die Möglichkeit den Semesterplan des jeweiligen Raumes zu bearbeiten (FA6), seine Änderungen zu speichern (FA7), den Semesterplan zurückzusetzen (diese Aktion speichert automatisch) (FA9) und die Eingabe zu beenden (FA8).
- Wird die Wartungsfunktion beendet und der Anwendungsmodus ausgewählt, erlischt die Auswahl der Wartungsfunktion; sie wird im folgenden Verlauf nicht mehr angezeigt (FA10).
- Die Nutzenden können nun lediglich zwischen Raumsuche (FU1) und Raumbelegung (FU2) wählen. Die Eingabe erfolgt über zwei Knöpfe die taktil beschriftet sind. Bei der Raumbelegung ist eine Authentifizierung mit Matrikelnummer und vierstelliger PIN über den Ziffernblock notwendig (FU3), bei der Raumsuche nicht.

²Ein ähnliches Prinzip wird in der Selbstausleih-Funktion der Sächsischen Landesbibliothek – Staats- und Universitätsbibliothek (SLUB) verwendet: Hier hat jedes Mitglied eine siebenstellige Bibliotheksnummer, sowie eine vierstellige PIN zur Authentifizierung am Selbstabholbereich [@Gen22].

- In beiden Fällen werden Wochentag (FU4) und Doppelstunde (FU5) abgefragt. Falls zu der eingegebenen Doppelstunde keine freien Räume verfügbar sind, wird der Nutzende über eine Audioausgabe aufgefordert, über den Ziffernblock einen anderen Wochentag und eine andere Doppelstunde zu wählen (FU6).
- Sobald zum gewählten Zeitpunkt mindestens ein Raum frei ist, zeigt der interaktive Raumbelegungsplan die freien und die belegten Räume an (FU7). Der Nutzende hat hier die Möglichkeit zu den einzelnen belegbaren Räumen Informationen zu erhalten (FU8). Falls die Belegungsfunktion gewählt wurde, ist an dieser Stelle die Belegung möglich (FU9). Bei Belegung eines Raumes erfolgt eine auditive Bestätigung (FU10).
- Nach erfolgreicher Belegung oder Abbruch der Interaktion über Tasteneingabe (FU11) wird die Interaktion beendet und der Nutzende wird abgemeldet, falls eine Authentifizierung anfangs erfolgt ist (FU12).
- Nur einem Administrator*in ist nach entsprechender Authentifizierung möglich, den interaktiven Raumbelegungsplan auszuschalten (FA11).

Die Tasten für Raumsuche, Raumbelegung und Abbruch könnten extra am interaktiven Raumbelegungsplan angebracht werden und mit Brailleschrift versehen werden.

4.3 Umsetzung des Prototyps

Ausgehend vom Konzept soll ein Prototyp erstellt werden. Da die Bauteile des mir zur Verfügung gestellten Shape Displays nur in begrenzter Stückzahl vorhanden sind, werden nur vier der Seminarräume als solches realisiert. Diese vier Räume besitzen jedoch alle erwähnten Funktionalitäten (vgl. Kapitel 4.1.5). Das Programm ist außerdem so geschrieben, dass es erweitert werden kann. Der hier vorgestellte Prototyp kann unkompliziert um zusätzliche Räume, mehrere Etagen, und andere Gebäude erweitert werden. Dies wird im Kapitel 4.3.2 genauer erläutert.

4.3.1 Modell der taktilen Karte

Die taktilen Karte wurde mit Hilfe eines 3D-Druckers hergestellt. Das dafür verwendete Modell wurde mit der Software Fusion360 von AutoDesk erstellt. Die Maße

wurden am Gebäudeplan des APBs ausgemessen (siehe Abb. 4.3). Abb. 4.13 zeigt das Modell für die taktilen Karte.

Die taktilen Karte wurde wie folgt gestaltet: Die Wände haben eine Breite und Höhe von 2 mm. Die Legende wurde im unteren linken Bereich hinzugefügt. Weil Brailleschrift viel Platz benötigt, wurden die Begriffe von Abb. 4.6 verkürzt in folgende Begriffe:

- Statue
- Standort
- Treppe
- Aufzug
- Toilette
- Barrierefreie Toilette

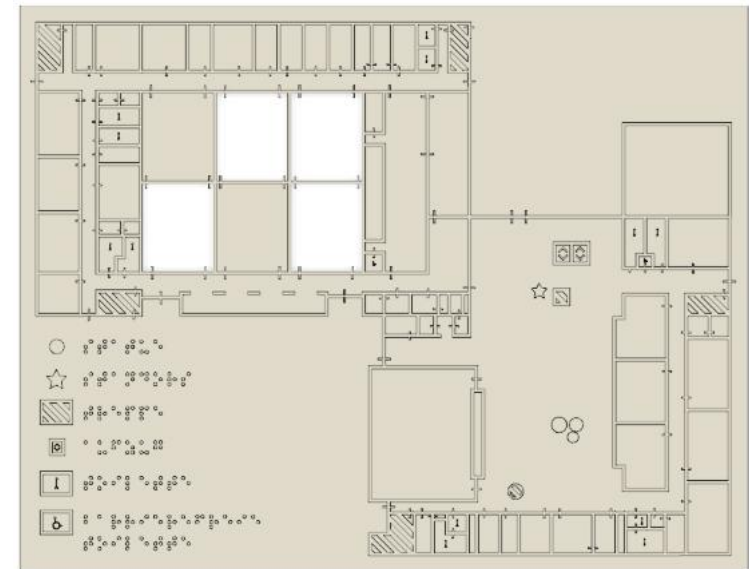


Abb. 4.13.: Modell der taktilen Karte des Erdgeschosses des APBs in Dresden, erstellt mit AutoDesk Fusion360

Die Türen zu den jeweiligen Räumen sind durch 1 mm breite taktile Linien verdeutlicht. Für die vier Räume, die durch das Shape Display dargestellt werden sollen, wurden innerhalb des Modells Aussparungen integriert.

Das Modell hat eine Abmessung von insgesamt 47 cm × 36,5 cm. Dieses Format ist zu groß für einen herkömmlichen 3D-Drucker. Aus diesem Grund musste die Karte in vier Teilen gedruckt werden. Anschließend wurden die vier Teile wieder zusammengesetzt. Abb. 4.14 zeigt die ausgedruckte Karte.

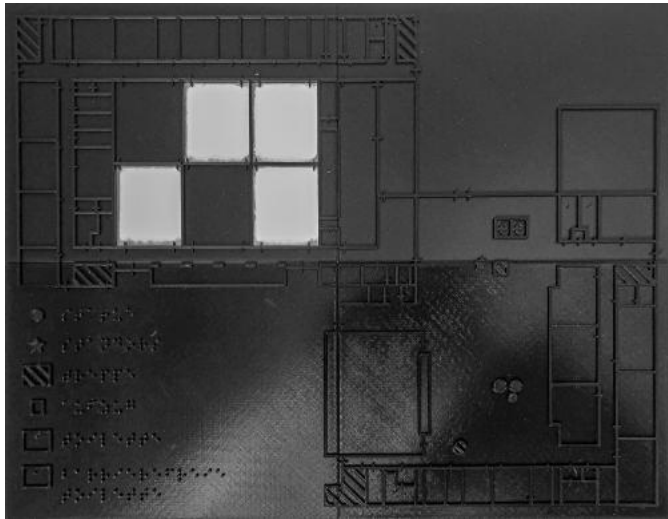


Abb. 4.14.: Die taktile Karte aus den vier gedruckten Teilen. Das Foto musste im Nachhinein geringfügig bearbeitet werden, da beim Fotografieren das Material sehr reflektiert hat.

Beim Druck hat sich gezeigt, dass leider nicht alle taktilen Graphiken druckbar waren. Das Symbol für die Toiletten, die barrierefreien Toiletten und den Aufzug innerhalb der Legende waren zu filigran für den 3D-Druck. Alle anderen Symbole, die Brailleschrift, die Raumumrandungen, die Treppen, die Aufzüge innerhalb der Karte, sowie die Türen konnten gedruckt werden. Abb. 4.15 zeigt die gedruckten Symbole der Legende, Abb. 4.16 zeigt die gedruckten Symbole direkt innerhalb der Karte.

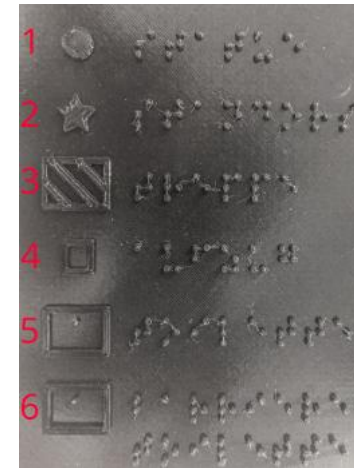


Abb. 4.15.: Die Symbole innerhalb der Legende: Statue (1), Standort der Karte (2) und Treppe (3) wurden vollständig gedruckt. Aufzüge (4), Toilette (5) und barrierefreie Toilette (6) wurden nicht vollständig gedruckt. Auch hier musste das Foto nachträglich bearbeitet werden auf Grund des reflektierenden Materials.

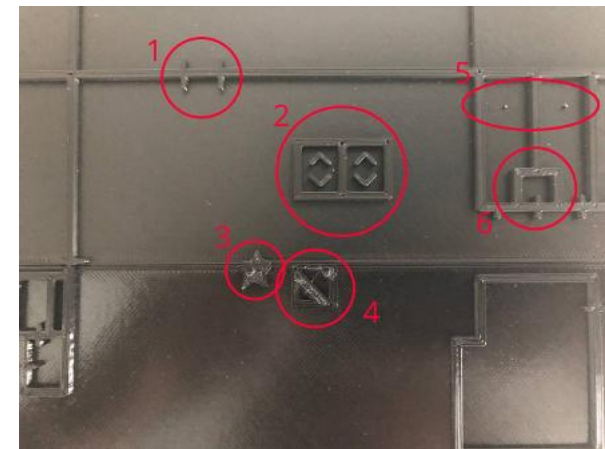


Abb. 4.16.: Die Symbole innerhalb der Karte: Türen (1), Aufzüge (2), der Standort der Karte (3), und Treppen (4) wurden vollständig gedruckt. Die Symbole für Toiletten (5) und barrierefreie Toiletten (6) waren leider zu klein und wurden nicht ordentlich oder gar nicht gedruckt

4.3.2 Prototyp des Shape Displays

Für die Erstellung des Shape Displays wird ein Prototyp genutzt, der seitens der TU Dresden während des Forschungsprojektes „formBAR“ entwickelt wurde. Das Projekt formBAR ist selbst ein Prototyp eines modularen Shape Displays. Es ermöglicht eine RGBH-Abbildung (Rot-Grün-Blau-Höhen-Abbildung). formBARs sind elektronisch ausfahrbare Balken, die beliebig angeordnet werden können. Abb. 4.17 zeigt den Aufbau eines einzelnen formBARs.

Aufbau

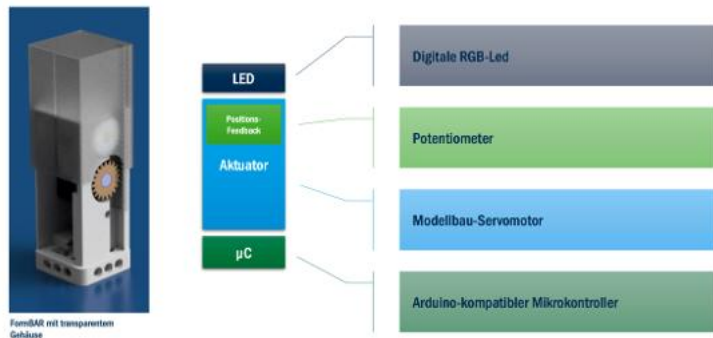


Abb. 4.17.: Aufbau eines formBARs [Aue22]

formBARs besitzen eine RGB-LED, einen Aktuator in Form eines Modellbau Servomotors, einen Arduino-kompatiblen Mikrocontroller, sowie ein Potentiometer. Jeder formBAR lässt sich individuell über einen Arduino ansteuern: Es können 8 Byte lange Informationsketten an einen formBAR gesendet werden. Jedes Byte repräsentiert dabei einen speziellen Wert (Höhe, Rotwert, Gelbwert, Blauwert). Die letzten vier Bytes müssen beim Senden momentan auf Null gesetzt werden, da diese Werte noch nicht besetzt sind, können aber nach einer hardwaretechnischen Erweiterung besetzt werden. Mehrere formBARs in Reihe oder als Fläche implementiert ergeben somit ein interaktives Shape Display. Durch den modularen Aufbau lässt sich das Shape Display prinzipiell auch um weitere formBARs erweitern, z. B. bei Anbauten am Gebäude. [Aue22]

4.3.3 Bau des interaktiven Raumbelungsplans

Der Prototyp des interaktiven Raumbelungsplans wurde kostengünstig, aber relativ stabil und effektiv gebaut.

Da die taktile Karte in vier Teilen gedruckt wurde, musste sie nach dem Druck auf der Rückseite zusammengefügt werden. Anschließend wurde sie für eine höhere Stabilität auf einer Leinwand fixiert. In diese Leinwand wurden vorher vier Aussparungen für die formBARs angelegt.

Für einen sicheren Halt der formBARs und zum Schutz der Elektronik, wurde ein Unterbau für die Karte konstruiert und auf einer weiteren Leinwand befestigt. Somit wurde sichergestellt, dass der formBAR problemlos ein- und ausfahren kann, stabil steht und in seiner Führung bleibt und das Kabel für den Arduino-Anschluss problemlos verlegt werden konnte. Abb. 4.18 zeigt die Konstruktion für die formBARs. Abb. 4.19 zeigt den kompletten Raumbelungsplan mit taktile Karte und formBARs von oben.



Abb. 4.18.: Konstruktion für die formBARs unterhalb der taktile Karte

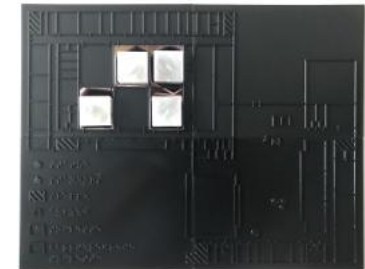


Abb. 4.19.: Vogelperspektive auf die taktile Karte mit den eingesetzten formBARs

Beim Einbau der formBARs hat sich gezeigt, dass auf zwei wesentliche Aspekte geachtet werden muss:

- Jeder formBAR muss sich ca. 0,5 cm von der taktile Karte abheben, um gut ertastbar zu sein (siehe Abb. 4.20).
- Zwischen dem formBAR und der Führung muss ein geringer Abstand eingehalten werden, damit ein problemloses Ein- und Ausfahren ermöglicht wird.



Abb. 4.20.: Eingebaute formBARs im vollständig eingefahrenen Zustand

4.3.4 Implementierung

Der Prototyp des interaktiven Raumbelungsplans wurde in PYTHON implementiert. Eine Kopie des Programms ist dieser Arbeit angefügt; die Ordnerstruktur ist unter „Inhaltsverzeichnis des Datenträgers“ aufgelistet. Es wurde objektorientiert programmiert.

In diesem Prototyp ist die Auswahl des Wochentags, der Doppelstunde sowie die Authentifizierung über die Tastatur des Computers, auf dem das Programm ausgeführt wird, realisiert. Aus Zeitgründen wurde auf die Implementierung eines umfangreichen Kalenders verzichtet (vgl. Campusnavigtor [Tec22e]), da es sich um einen Prototyp handelt, bei dem der Fokus auf die Funktionalität der direkten Raumbelung liegt.

Ursprünglich war geplant, dass die Belegung eines Raumes durch Druck auf die formBARs ausgelöst wird. Beim Testen hat sich herausgestellt, dass sich das Potentiometer nicht ansteuern lässt. Aus diesem Grund müssen die formBARs momentan noch durch eine Tastatureingabe angesteuert werden.

Um eine zeitliche Planung über den interaktiven Raumbelungsplan auch ohne Kalender zu realisieren, soll es über den Prototypen möglich sein, innerhalb eines einwöchigen Zyklus nach freien Räumen zu suchen und diese zu belegen.

Um das Management der einzelnen Räume zu organisieren, wurde zunächst analysiert, wie viele Raumelemente in der ersten Etage des APBs existieren. Insgesamt gibt es im Erdgeschoss des Gebäudes 77 Raumelemente unterteilt in sechs verschiedene Kategorien:

- 13 belegbare Seminarräume (E001, E005, E006, E007, E008, E009, E010, E023, E040, E042, E051, E065 und E069)
- 11 Toiletten (E002, E004, E014, E020, E021, E034, E035, E055, E056, E061 und E062)
- 2 barrierefreie Toiletten (E003 und E030)
- 7 Treppen (TR01 - TR07)
- 2 Aufzüge (Aufzug1 und Aufzug2)
- 42 sonstige Räume (Büro)

Um die Daten mit allen dazugehörigen Abhängigkeiten zu verwalten, wurden die einzelnen Raumelemente in einer Ordnerstruktur organisiert, die sich mittels eines Baumdiagrammes veranschaulichen lässt (vgl. A.2 Inhaltsverzeichnis des Datenträgers). Um die Daten über individuelle Räume möglichst kompakt zu speichern, bietet sich die Verwendung von Matrizen an (insbesondere für die Semesterpläne, die zum Semesteranfang von einem Administrator*in hinterlegt werden) [Kei+10; CBT30]. Die verschiedenen Informationen der unterschiedlichen Räume werden in unterschiedlichen Unterordner gespeichert. Jeder Raum erhält innerhalb der Ordner jeweils seine eigene Textdatei mit der Kennzeichnung Raum{id}.txt, wobei es sich bei id um eine eindeutige Identifikationsnummer handelt. Die Ordnerstruktur sieht wie folgt aus:

```

/BA_Code
  /Raum_Info
    Raum01.txt
    Raum02.txt
    ...
    Raum79.txt
  /Raum_Plan
    Raum01.txt
    Raum02.txt
    ...
    Raum79.txt
  /Semesterplan
    Raum01.txt
    Raum05.txt
    Raum06.txt
    Raum07.txt
    Raum08.txt
    Raum09.txt
    Raum10.txt
    Raum23.txt
    Raum40.txt
    Raum42.txt
    Raum51.txt
    Raum65.txt
    Raum69.txt
alleZeiten.txt
booking.txt
formBAR.pde
Funkti ons_Auswahl .py
Hauptmenue.py
Raum_Uebersicht.txt
Raumbel egungsplan.py
Raumzuruecksetzung.py
run_Wartung.py
user.txt
Wartung.py

```

Das Dateimanagementsystem und die objektorientierte Implementierung der Räume wurde komplett in PYTHON geschrieben (Dateiendung: .py). Lediglich die Anstee-

uerung der formBARs geschieht über ein PROCESSING-Programm (formBAR.pde). Die Zugangsdaten der Nutzenden und Administrator*innen sind in user.txt tabellarisch hinterlegt. Das Zeitraster der TU Dresden ist in alleZeiten.txt zu finden; Raum_Uebersicht.txt enthält eine tabellarische Übersicht aller Räume, inklusive deren id (vgl. später). Die Datei booking.txt dient nur der Parameterübergabe von Funktionsauswahl.py an Raumbel egungsplan.py.

Die Räume werden beim Start des Programms Hauptmenue.py als Objekte der selbstgeschriebenen Klasse room erzeugt. Sie haben folgende Attribute:

- id: eindeutige Identifikationsnummer des Raumes; sie ordnet jedem Raum genau eine der Dateien Raum01.txt - Raum79.txt zu.
- name: Die Raumnamen entsprechen den realen Raumnamen des Gebäudeplans [Tec22a].
- kind: Die Kategorien sind ebenfalls dieselben wie in der originalen Karte, bis auf „Sonstiger Raum“, dieser wurde in Büro umgeändert, um das Leerzeichen beim Auslesen der Datei zu umgehen.
- timetable: Belegungsplan des Raumes für die aktuelle Kalenderwoche in Form einer 8×5 - Matrix (8 Doppelstunden mal 5 Tage). Die Einträge dieser Matrix sind entweder 0 (belegt) oder 1 (frei). Falls es sich nicht um einen belegbaren Seminarraum handelt, hat dieses Attribute eine leere Liste als Wert.
- formBarNumber: Ein Index, der angibt, ob der Raum durch einen formBAR dargestellt wird (formBarNumber > 0) oder nicht (formBarNumber = -1). Falls der Raum durch einen formBAR dargestellt wird, erhält er eine Zahl zwischen eins und vier, welche angibt, um welchen formBAR es sich handelt.

Die aktuellen Attributwerte für jeden Raum sind in einer separaten Datei mit der ID des Raums gespeichert, z. B. Raum05.txt für den Raum mit der ID 5. Die Attributwerte für timetable liegen im Ordner Raum_Plan; alle sonstigen Attributwerte im Ordner Raum_Info. Falls ein Raum nicht belegbar ist, enthält die dazugehörige Textdatei im Ordner Raum_Plan keine Tabelle, sondern das Schlüsselwort None. Bei einer Raumbelegung werden die Einträge in der zugehörigen Textdatei im Ordner Raum_Plan des Raumes vom Programm automatisch angepasst. Im Ordner Semesterplan befinden sich die Belegungspläne in ihrem Urzustand, wie sie am Anfang eines Semesters einmal festgelegt werden. Die Belegungspläne in Raum_Info werden täglich auf den Stand der Semesterpläne im Ordner Semesterplan zurückgesetzt. Beispiel: Am Montag werden diverse Belegungen durchgeführt. An diesem Montag um 23:00 Uhr werden alle Belegungen für diesen Montag auf den Stand

des festen Semesterplan aus Semesterplan zurückgesetzt; die Tage Dienstag bis Freitag bleiben erhalten. Wenn am darauffolgenden Tag (Dienstag) eine Person den Montag belegt, dann ist dadurch automatisch der Montag der darauffolgenden Woche gemeint. Bei einer wöchentlichen Zurücksetzung (z. B. Samstags) ergäbe sich das Problem, dass Belegungen für die nächste Woche unmöglich wären.

```

1  Raumname Raumid Raumart formBAR
2  E001 01 Seminarräum -1
3  E002 02 Toilette -1
4  E003 03 Barrierefreie_Toilette -1
.
.
.
41 E040 40 Seminarräum 2
42 E041 41 Büro -1
43 E042 42 Seminarräum 1
.
.
.
75 TR06 76 Treppe -1
76 TR07 77 Treppe -1
77 Aufzug1 78 Aufzug -1
78 Aufzug2 79 Aufzug -1

```

Listing 4.1: Ausschnitt der Datei Raum_Uebersicht.txt

```

1  Echter Plan
2
3  0 1 0 1 0
4  1 1 1 1 1
5  0 1 1 1 1
6  1 0 1 0 1
7  0 1 1 1 0
8  1 0 1 1 1
9  1 1 0 1 0
10 0 0 1 0 0

```

Listing 4.2: Ausschnitt der Datei Raum01.txt im Unterordner Raum_Plan

Die Semesterpläne können über das Programm Wartung.py bearbeitet werden. Dies kann zum Semesteranfang durch einen Administrator*in durchgeführt werden.

Nach der Auswahl der Wartungsfunktion im Hauptprogramm.py wird der Nutzende nach Administrator*in-Zugangsdaten (Vorname und Nachname, Adminpasswort) gefragt. Diese müssen valide zu Zugangsdaten aus der Datei user.txt sein. Nach erfolgreicher Authentifizierung werden dem Administrator*in alle Seminarräume angezeigt. Er hat hierbei die Möglichkeit die einzelnen Semesterpläne auszuwählen. Des Weiteren gibt es die Möglichkeit alle Semesterpläne zurückzusetzen, d. h. jeder Raum wird zu jedem Wochentag und zu jeder Doppelstunde frei sein. Abb. 4.21 zeigt den Startbildschirm der Wartungsfunktion. Die gewählten Farben sind für farbenblinde Menschen erkennbar.

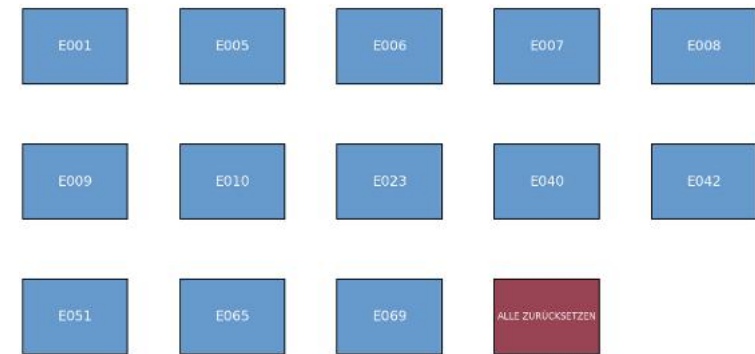


Abb. 4.21.: Startbildschirm der Wartungsfunktion

Wenn der Administrator*in auf einen der Räume klickt, wird er zum Semesterplan des jeweiligen Raumes weitergeleitet. Hier hat er die Möglichkeit durch Anklicken der Zeitfenster den Semesterplan zu bearbeiten, die Änderungen zu speichern, den ausgewählten Semesterplan zurückzusetzen (dieser Vorgang speichert die Änderung), sowie die Bearbeitung ohne Speichern zu beenden und zum Startbildschirm zurückzukehren. Die Abb. 4.22 zeigt den Semesterplan des Raums E010. Die Zeitfenster die mit einem dunkelroten Kreuz markiert wurden, sind belegt; die weißen Zeitfenster sind frei. Auch hier wurden Farben gewählt, die für farbenblinde Menschen erkennbar sind.

Raumname: E010
Raumart: Seminarraum

| | Montag | Dienstag | Mittwoch | Donnerstag | Freitag |
|--------------------------------------|--------|----------|----------|------------|---------|
| 1. Doppelstunde 07:30 - 09:00 Uhr | | | X | | |
| 2. Doppelstunde 09:20 - 10:50 Uhr | X | | | X | |
| 3. Doppelstunde 11:10 - 12:40 Uhr | | X | X | | |
| 4. Doppelstunde 13:00 - 14:30 Uhr | | | X | | X |
| 5. Doppelstunde 14:50 - 16:20 Uhr | | | | | |
| 6. Doppelstunde 16:40 - 18:10 Uhr | X | | | X | |
| 7. Doppelstunde 18:30 - 20:00 Uhr | | | | | |
| 8. Doppelstunde 20:20 - 21:50 Uhr | | X | | | |

Zurücksetzen
 Speichern
 Beenden

Abb. 4.22.: Semesterplan des Raums E010

Die Suche und Belegung von Räumen ist über das Programm Raumbelegungspl an.py möglich. Dieses wird automatisch ausgeführt, wenn der Nutzende im Hauptmenü den Anwendungsmodus auswählt und sich dort für Raumsuche oder Raumbelegung entscheidet. Falls der Nutzende dort die Raumbelegung auswählt, muss er sich mit validen User-Zugangsdaten (Matrikelnummer und PIN) aus der Datei user.txt authentifizieren. Die Raumsuche verlangt keine Authentifizierung. Am Anfang der Raumsuche- oder Raumbelegungsfunktion wird der Nutzende per Audioausgabe nach einem Wochentag und anschließend nach einer Doppelstunde gefragt. Die Audioausgabe erfolgt über den Konsolen-Befehl say im MacOS-Terminal. Da der Prototyp keinen Ziffernblock mit Brailleschrift besitzt, erfolgt die Eingabe über die Konsole des Computers, auf dem das Programm ausgeführt wird. Falls kein Raum zu diesem Zeitpunkt frei ist, wird der Nutzende per Audioausgabe aufgefordert, einen anderen Zeitpunkt auszuwählen. Sobald mindestens ein freier Raum für den eingegebenen Zeitpunkt gefunden wurde, wird über das Programm Schnittstelle.py das Processing-Programm formBAR.pde erstellt, welches die benötigten Daten für die formBARs enthält. Dabei gilt:

- Falls der formBAR einen freien Raum repräsentiert, erhält er die maximale Höhe (int bh = 255) und seine LED den RGB-Farbwert Hellgelb in Form einer Liste ([238, 204, 102]).
- Falls der formBAR einen belegten Raum repräsentiert, erhält er die minimale Höhe (int bh = 0) und seine LED den RGB-Farbwert Dunkelrot in Form einer Liste ([153, 68, 85]).

Es wurde versucht, eine PYTHON-Schnittstelle zu implementieren, diese hat sich beim Testen allerdings als nicht funktionsfähig erwiesen. Das entstandene PROCESSING-Programm formBAR.pde wird automatisch geöffnet und kann mit einem Mausklick sofort ausgeführt werden. Die RGBH-Werte in Form einer Byte Informationskette werden direkt an die angeschlossenen formBARs gesendet.

Nachdem die formBARs Höhe und LED angepasst haben, wird dem Nutzenden per Audioausgabe mitgeteilt, dass er per Druckausübung auf einen formBAR nähere Informationen erhalten kann. Sobald der Nutzende einen formBAR auswählt, kann auf der Tastatur des angeschlossenen Computers der entsprechende formBAR ausgewählt werden, sodass die Audioausgabe über Raumname und Raumart erfolgt. Falls am Anfang eine Authentifizierung für die Raumbelegung erfolgt ist, kann nach erneuter Druckausübung auf den formBAR der Raum belegt werden; falls der Nutzende einen anderen formBAR auswählt, erhält er über diesen Informationen. Da im Moment noch keine Nutzendeneingabe direkt über den formBAR möglich ist (keine Reaktion des Potentiometers), muss die Interaktion derzeit noch durch Tastatureingaben auf dem Computer simuliert werden.

Wenn der Raum durch den Nutzenden belegt wird, wird ein neues PROCESSING-Programm erstellt - diesmal wird der gerade belegte Raum als „belegt“ (minimale Höhe, Dunkelrot) eingetragen, die anderen formBARs bleiben wie bei dem ersten PROCESSING-Programm. Es folgt eine Bestätigung per Audioausgabe, welcher Raum an welchem Wochentag zu welcher Doppelstunde belegt wurde. Anschließend wird ein letztes PROCESSING-Programm erstellt, welches dafür sorgt, dass alle formBARs auf minimale Höhe gestellt werden und die LEDs erlöschen (bc = [0, 0, 0]).

Es gibt jederzeit die Möglichkeit, die Raumbelegung über Tastatureingabe abzubrechen oder das Programm durch KeyboardInterrupt auszuschalten.

4.4 Evaluation

Für die Evaluation wurde eine Pilotstudie mit zwei Teilnehmenden durchgeführt. Zunächst wurden generelle Fragen über Nutzung von taktilen Karten und Shape Displays an die Teilnehmenden, sowie über deren Präferenzen bei der Orientierung innerhalb von Gebäuden gestellt.

Anschließend wurde den Teilnehmenden der interaktive Raumbelegungsplan präsentiert und Aufgaben gestellt und dabei die Interaktion mit der Karte beobachtet

und ausgewertet. Die Fragebögen mit expliziten Antworten sind im Anhang dieser Arbeit zu finden.

Beide Proband*innen gaben bei der Anwendungsfreundlichkeit des Campusnavigators (siehe Kapitel 3.3) an, dass sie diesen für die Raumsuche entweder nur durch Hilfe einer sehenden Person nutzen konnten, oder die Raumsuche abgebrochen hatten, da die Bedienung zu umständlich war. Beide mussten die Freiraumsuche bisher noch nicht nutzen oder wussten nicht, dass es eine solche Funktion innerhalb der Anwendung gibt.

Bei der Evaluation der taktilen Karte hat sich herausgestellt, dass die Proband*innen Probleme beim Erkennen und Unterscheiden einzelner Symbole hatten. Aufgetretene Probleme waren:

- fehlerhafter 3D-Druck der Elemente Toilette, barrierefreie Toilette und Aufzug
- nicht optimal gewählte Symbole für Toilette, barrierefreie Toilette und Türen
- Verwirrung durch Elemente, die nicht explizit in der Legende vorhanden waren (offener bzw. geschlossener Raum, Türen und Haupteingang)
- Erreichbarkeitsproblem bei zwei Elementen: Die taktilen Linien lagen zu nah beieinander (Raumumrandungen bei sehr kleinen Räumen und Aufzug innerhalb der Karte) [Lei+48]

Bei einer zukünftigen Umsetzung des interaktiven Raumbelungsplans ist darauf zu achten, dass das Modell insgesamt größer gestaltet wird und ausschließlich eindeutige Symbole verwendet und diese alle in der Legende erklärt werden. Nach ausreichender Betrachtungszeit konnte der Grundriss von beiden Proband*innen vollständig erfasst werden.

Das Shape Display wurde von beiden Proband*innen gut erkannt und auch der Funktionsablauf war für beide sehr intuitiv. Bei einer der Evaluationen kam es u. a. zu technischen Problemen (falsche oder keine Anzeige der formBARs), das Prinzip wurde aber dennoch gut verstanden und positiv von beiden Proband*innen aufgenommen.

Beide gaben nach dem Test der Raumbelungsfunktion jedoch an, dass sie sich zwar eine intuitive Raumbelungsfunktion wünschen, dafür aber nicht unbedingt eine taktilen Karte in Kombination mit einem Shape Display benötigen. Beide würden eher eine anwendungsfreundliche App oder Webanwendung mit derselben Funktionalität der Datums- und Doppelstundenangabe und der damit verbundenen

Ausgabe möglicher freier Räume verwenden, da Smartphones im Alltag routinemäßig genutzt werden. Die Authentifizierung über das Smartphone ist für blinde und sehbehinderte Menschen einfacher, da ein eventuell genutzter Passwortmanager die Authentifizierung erleichtert.

Der interaktive Raumbelungsplan wurde insgesamt positiv aufgenommen. Für eine zukünftige Verwendung ist in jedem Fall eine Kosten-Nutzen-Abwägung durchzuführen. Ebenso wäre eine größer angelegte Studie mit wesentlich mehr Teilnehmenden zu empfehlen, um eine fundierte Entscheidung treffen zu können bzgl. Akzeptanz, Anwendungsfreundlichkeit und Nutzen.

Die wichtigste Zielgruppe für den interaktiven Raumbelungsplan sind Studierende, die z. B. spontan mit einer Lerngruppe einen Raum innerhalb der Universität belegen möchten. Des Weiteren erleichtert der interaktive Raumbelungsplan für blinde und sehbehinderte Menschen die Raumsuche.

4.5 Kosten-Nutzen-Analyse

Abschließend soll eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt werden, um abzuwägen, ob ein interaktiver Raumbelungsplan, wie er hier präsentiert wurde, eine nützliche Anwendung in Universitäten hätte.

Die Kosten für einen wie hier vorgestellten Prototyp mit vier formBARs [Aue22] setzen sich wie folgt zusammen:

| Bauteil | Stückzahl | Einzelpreis | Gesamtpreis |
|--|-----------|-------------|-------------|
| formBAR | 4 | 25 € | 100 € |
| Arduino Adafruit Feather HUZAH ESP8266 | 1 | 20 € | 20 € |
| taktile Karte (3D-Druck) | 1 | 2 € | 2 € |
| Leinwand | 2 | 7 € | 14 € |
| Papp-Behälter für die Führung der formBARs | 2 | 3 € | 6 € |
| Klebstoff, Styropor und Pappe | - | - | 3 € |
| | | | 145 € |

Tab. 4.2.: Kostenanalyse des hier präsentierten Prototyps

Alle Materialien für diesen Prototyp des interaktiven Raumbelungsplans belaufen sich auf circa 145 €. Bei einer vollständigen Abbildung aller belegbaren Räume und mehreren Etagen würden sich diese Kosten noch erhöhen, da mehrere formBARs und

Zusammenfassung und Ausblick

Schnittstellen benötigt würden. Um Verwirrung zu Vermeiden und auf Grund einer verschiedenen Anordnung und Beschriftung der Räume in den unterschiedlichen Etagen, wäre eine Installation eines interaktiven Raumebelegungsplans auf jeder Etage zu empfehlen.

Sollte das Projekt in Zukunft realisiert werden, wäre es trotz höherer Kosten lohnenswert in höherwertiges Material zu investieren (z. B. Metall statt Kunststoff) um auf Langlebigkeit, Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit zu achten.

Unabhängig von den Kosten hat die Evaluation ergeben, dass die Proband*innen die Idee sehr positiv aufgenommen haben und sich mehr Unterstützung dieser Art wünschen. Des Weiteren ist es die Aufgabe der Gesellschaft, Menschen egal welcher physischen Einschränkungen, besser in den Alltag zu integrieren. Es sollte die Pflicht einer modernen Gesellschaft sein, in Inklusion und Barrierefreiheit zu investieren.

Da es unterschiedliche Präferenzen bei der Orientierung und Navigation bei blinden und sehbehinderten Menschen gibt (vgl. [Eng+20; WHK13] und Kapitel 2.1) erscheint es sinnvoll, den interaktiven Raumebelegungsplan kombiniert mit anderen Navigationshilfen (z. B. Campusnavigator, oder eine Webanwendung) anzubieten.

Die verwendeten Methoden der multivariaten Datenanalyse könnten auch für eine Webanwendung genutzt und dementsprechend angepasst und optimiert werden. Statt der hier verwendeten Raumebelegung im einwöchigen Zyklus könnte bei einer möglichen Erweiterung ein vollständiger Kalender implementiert werden. Für eine praktische Realisierung dieses Projektes sollte, sowohl bei der Konstruktion, als auch bei der Auswahl der Materialien auf Stabilität, Langlebigkeit sowie Belastbarkeit und Umweltverträglichkeit geachtet werden.

Darüber hinaus könnte der interaktive Raumebelegungsplan auch in anderen öffentlichen Gebäuden genutzt werden, Beispiele wären etwa: Krankenhäuser, Museen, Schulen, Bibliotheken, Rathäuser, etc. In diesen könnte er als Unterstützung für blinde und sehbehinderte Menschen in Form eines interaktiven Gebäudeplans fungieren, um die Navigation innerhalb von Gebäuden und das gezielte Finden bestimmter Räume zu erleichtern.

Ebenso denkbar wäre die Nutzung des interaktiven Raumebelegungsplans für die Outdoor-Navigation: Die Darstellung eines Campus, eines Krankenhausareals, großen Firmen, etc. mit der Repräsentation von einzelnen Gebäuden über je einen formBAR wäre denkbar.

A.1 Freiheitsgrade

„Allgemein versteht man unter der Zahl der *Freiheitsgrade* eines Systems die Anzahl der unabhängigen Größen, deren Angabe für die eindeutige Bestimmung der Lage des Systems notwendig ist; [...] “[LL 1]

A.2 Fragebogen Evaluation

1. Evaluation

Name: Jakob Arnold

Datum der Evaluation: 04.08.2022

Fragen vor Betrachtung der Karte

1. Haben Sie eine Sehschwäche oder Sehbeeinträchtigung? Wenn ja, welche?
 - Albinismus und Nystagmus
2. Wie hoch ist ihre Sehstärke auf dem linken und rechten Auge?
 - linkes Auge: 16% mit Brille, 12% ohne Brille
 - rechtes Auge: 32% mit Brille, 28% ohne Brille
 - mit beiden Augen: 24% mit Brille, 20% ohne Brille
3. Was ist ihre aktuelle berufliche Beschäftigung?
 - Studium Bachelor Medieninformatik an der TU Dresden
4. Wie orientieren und navigieren Sie sich im Alltag innerhalb von öffentlichen Gebäuden (Bahnhof, Museum, Universität, Klinikum, ...)?
 - Eine Brille tragen, den Abstand zu Schildern und Bildern möglichst gering halten.

- Bei zu kleinen Bildern: Foto mit dem Handy machen und heranzoomen.
5. Haben Sie bei der Orientierung innerhalb von Gebäuden bereits taktile Karten genutzt? Wenn ja, wie häufig waren diese vor Ort vorhanden? Wie oft haben Sie diese genutzt?
- Nein.
6. Auf einer Skala von 1 - 10, wie hoch schätzen Sie ein, dass taktile Karten ihre Orientierung innerhalb eines Gebäudes erleichtert haben? Dabei bedeuten 1 gar keine Erleichterung und 10 eine sehr hohe Erleichterung; eventuell mit Begründung.
- Entfällt: Bis jetzt keine Nutzung taktiler Karten.
7. Auf einer Skala von 1 - 10, wie sehr würden Sie sich wünschen, dass es häufiger in öffentlichen Gebäuden taktile Karten gibt? Dabei bedeuten 1 keinen höheren Bedarf und 10 einen sehr dringenden Bedarf.
- Entfällt: Bis jetzt keine Nutzung taktiler Karten.
8. Gab es schon einmal die Situation, dass Sie innerhalb eines Gebäudes für einen bestimmten Zeitraum einen Raum belegen wollten (z. B. innerhalb der SLUB/Bibliothek, um in Ruhe zu arbeiten, oder innerhalb der Universität, um mit Kommiliton*innen gemeinsam zu lernen o. Ä.)? Falls ja, wie haben Sie das Problem gelöst?
- Ja, innerhalb der Universität.
 - Es musste eine E-Mail verschickt werden, da kein Zugriff auf den Raumbelegungskalender möglich war.
 - Es war etwas umständlich, hat aber funktioniert.
9. Haben Sie schon einmal Raumbelegungssysteme genutzt (eine online Variante ist z. B. der Campusnavigator der TU Dresden), bei denen man für ein Gebäude alle Räume mit Raumnamen, Raumart und Verfügbarkeit einsehen kann? Falls ja, wie gut sind sie mit dem Raumbelegungssystem zurecht gekommen?
- Ja, den Campusnavigator.
 - Der gewünschte Raum konnte nicht gefunden werden. Der Raum wurde dann vor Ort gesucht.
10. Haben Sie schon einmal ein Shape Display genutzt? Falls ja, um was für eine Art Shape Display hat es sich damals gehandelt und worin lag der Nutzen?

- Nein (Begriff war unbekannt).
11. Auf einer Skala von 1 - 10, wie oft würden sie sich eine höhere Verfügbarkeit von Shape Displays wünschen, um beliebige Sachverhalte darzustellen (wobei 1 keine höhere Verfügbarkeit notwendig und 10 definitiv höhere Verfügbarkeit wünschenswert bedeutet)?
- 4 (eine dreidimensionale Darstellung wäre besonders wünschenswert).
12. Können Sie Brailleschrift lesen? Falls ja, wie oft im Alltag lesen Sie Brailleschrift?
- Nein.

Fragen zur Evaluation der taktilen Karte

13. Erkunden Sie die Karte. Erkennen Sie, um welches Gebäude es sich handelt?
- Das APB der TU Dresden.
14. Erfassen Sie die Legende. Können Sie alles lesen, was in Brailleschrift steht? (Falls Proband*in Brailleschrift lesen kann)
- Entfällt: Proband kann keine Brailleschrift lesen.
15. Erfassen Sie die taktilen Graphiken der Legende: Können Sie alles voneinander unterscheiden?
- Ja, gut unterscheidbar.
16. Suchen Sie Ihren aktuellen Standort innerhalb der Karte. Wie lange haben Sie gebraucht um ihn zu finden?
- 1 Sekunde.
17. Suchen Sie sich nun einen beliebigen Raum aus. Können Sie erkennen, wo sich die Türen zu dem ausgewählten Raum befinden?
- Ja; es sind die kleinen senkrechten Striche zur Raumumrandung.
18. Suchen Sie den Haupteingang. Ist er deutlich erkennbar?
- Ja, aber als Schlussfolgerung, da das Gebäude bekannt ist. Ein Vermerk innerhalb der Legende wäre optimal.
19. Suchen Sie einen der Aufzüge des Gebäudes. Beschreiben Sie seine ungefähre Lage zum Haupteingang.

- Nach Betreten des Haupteingangs befindet sich der Aufzug auf der linken Seite.

20. Suchen Sie sich eine beliebige Treppe aus. Beschreiben Sie einen direkten Weg vom Haupteingang zu der gefundenen Treppe.

- Wahl: Treppe TR06
- Nach Betreten des Haupteingangs befindet sich die Treppe auf der linken Seite nach den Aufzügen.

Fragen zur Evaluation des Shape Displays

21. Erkunden Sie die Karte. Können Sie erkennen, wo sich die belegbaren Räume (dargestellt durch die formBARs) befinden? Finden Sie alle formBARs heraus und zeigen Sie auf diese.

- Alle formBARs wurden sofort erkannt.

22. Starten des Raumbelungsprogramms: Versuchen Sie nun einen freien Raum für die 1. Doppelstunde am Montag zu finden. War das Belegen einfach umzusetzen? Gab es Schwierigkeiten einen Raum zu finden? Konnten Sie die Farben der freien und belegten Räume gut unterscheiden?

- Es waren zwei Räume diagonal zueinander frei und zwei belegt.
- Es wurde angezeigt, welche Räume frei und welche belegt sind. Die Eingabe über die formBARs hat funktioniert. Nach Belegung des Raumes E040 haben die Anzeige des Höhenwertes, sowie der RGB-Wert der LED nicht funktioniert. Das Einfahren aller formBARs nach Beendigung des Programms hat ebenfalls nicht funktioniert.

23. Belegen Sie einen Raum für Freitag, 5. Doppelstunde und merken Sie sich, wo der Raum innerhalb des Gebäudes liegt! War das Belegen einfach umzusetzen? Gab es Schwierigkeiten einen Raum zu finden? Konnten Sie die Farben der freien und belegten Räume gut unterscheiden?

- Es waren zwei Räume nebeneinander frei und zwei belegt.
- Die Raumbelung und die Anzeige der formBARs haben reibungslos funktioniert.
- Die Farben konnten gut unterschieden werden.

24. Suchen Sie sich nun einen beliebigen Wochentag und eine beliebige Doppelstunde aus und versuchen Sie, einen Raum zu belegen! War die Interaktion erfolgreich? Sind Probleme aufgetreten?

- Wochentag: Donnerstag
- Doppelstunde: 4
- Vier Räume sind frei; die Anzeige hat funktioniert.
- Die Belegung hat auch funktioniert. Der formBAR des belegten Raumes ist eingefahren; nur das Einfahren der formBARs am Ende der Belegung hat nicht funktioniert.

Fragen nach der Benutzung der Karte

25. Wie fanden Sie die Orientierung mit der taktilen Karte? Könnten Sie sich damit problemlos innerhalb eines Gebäudes zurechtfinden?

- Schwer einzuschätzen, da taktile Karten nicht vom Probanden zur Orientierung innerhalb von Gebäuden genutzt werden. Aber das Gebäude wurde sofort erkannt, weil es bekannt ist.

26. Wie fanden Sie die Interaktion mit dem Shape Display? War die Bedienung einfach oder würden Sie sie ändern wollen?

- Die Interaktion durch Klicken auf die formBARs war gut. Es wäre besser, wenn die Konstruktion stabiler und der Ablauf flüssiger wären (Nachsicht: Es handelt sich um ein Prototyp).
- Nach dem Betätigen der formBARs wäre ein Feedback wünschenswert, damit man weiß, ob die Berührung registriert wurde.
- Ein Fühlpunkt an der Seite des formBARs wäre denkbar, um den Höhenunterschied des formBARs besser taktil erfassen zu können.
- Ein Anbringen von taktil erfassbaren Raumnummern auf den formBARs und eventuell auf den anderen nicht belegbaren Räumen wäre gut.

27. Wie fanden Sie die auditive Ausgabe? Hätten Sie sich mehr oder weniger Erklärungen gewünscht?

- Die Benutzung ist etwas langwierig, da die Abläufe mit der Zeit klar sind und trotzdem immer wiederholt werden (erinnert an den Ablauf einer Mailbox).

- Es sind keine weiteren Erklärungen notwendig.

28. Könnten Sie sich für die Zukunft vorstellen mit einem interaktiven Raumbelegungsplan, wie er Ihnen heute präsentiert wurde, Räume innerhalb von öffentlichen Gebäuden zu belegen? Falls nein, was hat Sie bei dem Konzept gestört?

- Ja, wäre vorstellbar.
- Der Proband meint, er persönlich würde die Belegung mit derselben Funktionalität unter Angabe des Wochentags und der Doppelstunde und anschließender Anzeige der verfügbaren Räume eher online vornehmen.

2. Evaluation

Name: Anja Winkler

Datum der Evaluation: 11.08.2022

Fragen vor Betrachtung der Karte

1. Haben Sie eine Sehschwäche oder Sehbeeinträchtigung? Wenn ja, welche?

- Ja, Vollblindheit.

2. Wie hoch ist ihre Sehstärke auf dem linken und rechten Auge?

- linkes Auge: 0 % Sehstärke
- rechtes Auge: 0 % Sehstärke
- mit beiden Augen: 0 % Sehstärke

3. Was ist ihre aktuelle berufliche Beschäftigung?

- Dipl.-Pädagogin im Bereich Service, Behinderung und Studium an der TU Dresden.

4. Wie orientieren und navigieren Sie sich im Alltag innerhalb von öffentlichen Gebäuden (Bahnhof, Museum, Universität, Klinikum, ...)?

- Die Probandin nutzt taktile Karten, falls diese vorhanden sind.
- Des Weiteren verwendet Sie zur Orientierung die Sprachassistensoftware Siri auf ihrem Smartphone.

- Falls taktile Leitsysteme vorhanden sind, werden diese von der Probandin genutzt.

- Ebenfalls orientiert sie sich an Geräuschen innerhalb des Gebäudes (z. B. Geräusche des Treppenhauses).

- Im Rathaus der Stadt Dresden ist eine Installation für die Nutzung der Indoor-Navigations-App „Blindfind“ vorhanden, welche von der Probandin genutzt wird. Sie würde sich jedoch mehr Indoor-Navigations-Software wünschen.

5. Haben Sie bei der Orientierung innerhalb von Gebäuden bereits taktile Karten genutzt? Wenn ja, wie häufig waren diese vor Ort vorhanden? Wie oft haben Sie diese genutzt?

- Ja, wenn taktile Karten vorhanden waren, wurden diese immer genutzt. Die Probandin bemängelte, dass dies leider selten der Fall ist.

6. Auf einer Skala von 1 - 10, wie hoch schätzen Sie ein, dass taktile Karten ihre Orientierung innerhalb eines Gebäudes erleichtert haben? Dabei bedeuten 1 gar keine Erleichterung und 10 eine sehr hohe Erleichterung; eventuell mit Begründung.

- 7

7. Auf einer Skala von 1 - 10, wie sehr würden Sie sich wünschen, dass es häufiger in öffentlichen Gebäuden taktile Karten gibt? Dabei bedeuten 1 keinen höheren Bedarf und 10 einen sehr dringenden Bedarf.

- 10

8. Gab es schon einmal die Situation, dass Sie innerhalb eines Gebäudes für einen bestimmten Zeitraum einen Raum belegen wollten (z. B. innerhalb der SLUB/Bibliothek, um in Ruhe zu arbeiten, oder innerhalb der Universität, um mit Kommiliton*innen gemeinsam zu lernen o. Ä.)? Falls ja, wie haben Sie das Problem gelöst?

- Ja, in der SLUB wurde ein Raum zum Belegen gesucht.
- Die Probandin hat den Service der SLUB per Telefon kontaktiert und gefragt, ob ein Raum belegt werden kann. Dies hat ohne Probleme funktioniert.

9. Haben Sie schon einmal Raumbelugungssysteme genutzt (eine online Variante ist z. B. der Campusnavigator der TU Dresden), bei denen man für ein Gebäude alle Räume mit Raumnamen, Raumart und Verfügbarkeit einsehen kann? Falls ja, wie gut sind sie mit dem Raumbelugungssystem zurecht gekommen?

- Nein, sie selbst hat den Campus-Navigator nicht verwendet, sondern ihre Begleitperson.
- Die Reservierung des Raumes hat über E-Mail-Kommunikation problemlos funktioniert.

10. Haben Sie schon einmal ein Shape Display genutzt? Falls ja, um was für eine Art Shape Display hat es sich damals gehandelt und worin lag der Nutzen?

- Nein, der Begriff war der Probandin unbekannt.

11. Auf einer Skala von 1 - 10, wie oft würden sie sich eine höhere Verfügbarkeit von Shape Displays wünschen, um beliebige Sachverhalte darzustellen (wobei 1 keine höhere Verfügbarkeit notwendig und 10 definitiv höhere Verfügbarkeit wünschenswert bedeutet)?

- 5 (Es ist für die Probandin schwer einzuschätzen, da sie noch nie ein Shape Display benutzt hat.)

12. Können Sie Brailleschrift lesen? Falls ja, wie oft im Alltag lesen Sie Brailleschrift?

- Ja; Die Brailleschrift wird im Alltag aktiv gelesen.

Fragen zur Evaluation der taktilen Karte

13. Erkunden Sie die Karte. Erkennen Sie, um welches Gebäude es sich handelt?

- Nein, das Gebäude wurde nicht erkannt, erst nach dem die Probandin es erfahren hat.

14. Erfassen Sie die Legende. Können Sie alles lesen, was in Brailleschrift steht? (Falls Proband*in Brailleschrift lesen kann)

- Ja; Die Brailleschrift ist zum Teil etwas undeutlich auf Grund des 3D-Drucks, aber es konnte alles gelesen werden.

15. Erfassen Sie die taktilen Graphiken der Legende: Können Sie alles voneinander unterscheiden?

- Die Statue, der Standpunkt und die Treppe konnten erkannt werden. Der Aufzug nicht, die Toilette wurde erst nach Lesen der Legende innerhalb der Karte trotz Fehldruck erkannt.

- Manche Symbole haben innerhalb der Legende z. T. minimale taktile Unterschiede, dadurch war das Erkennen innerhalb der Karte erschwert.

16. Suchen Sie Ihren aktuellen Standort innerhalb der Karte. Wie lange haben Sie gebraucht um ihn zu finden?

- 5 Sekunden

17. Suchen Sie sich nun einen beliebigen Raum aus. Können Sie erkennen, wo sich die Türen zu dem ausgewählten Raum befinden?

- Ja, aber nicht sofort, da der Unterschied zwischen geschlossenem und offenem Raum in der Legende fehlt.

18. Suchen Sie den Haupteingang. Ist er deutlich erkennbar?

- Nein, nicht sofort; da der Eintrag in der Legende fehlt, hat die Suche etwas länger gedauert.

19. Suchen Sie einen der Aufzüge des Gebäudes. Beschreiben Sie seine ungefähre Lage zum Haupteingang.

- Bei Betreten des Gebäudes liegt der Aufzug schräg links.

20. Suchen Sie sich eine beliebige Treppe aus. Beschreiben Sie einen direkten Weg vom Haupteingang zu der gefundenen Treppe.

- Wahl: Treppe TR01
- Wenn man das Gebäude betritt, geradeaus an den Aufzügen vorbei, links abbiegen und den Gang entlang laufen. Auf der rechten Seite liegt dann das Treppenhaus kurz vor Ende des Ganges.

Fragen zur Evaluation des Shape Displays

21. Erkunden Sie die Karte. Können Sie erkennen wo sich die belegbaren Räume (dargestellt durch die formBARs) befinden? Finden Sie alle formBARs heraus und zeigen Sie auf diese.

- Ja, die formBARs sind sehr gut unterscheidbar.

22. Starten des Raumbelungsprogramms: Versuchen Sie nun einen freien Raum für die 1. Doppelstunde am Montag zu finden. War das Belegen einfach umzusetzen? Gab es Schwierigkeiten einen Raum zu finden? Konnten Sie die Farben der freien und belegten Räume gut unterscheiden?

- Der Programmablauf hat problemlos funktioniert.
- Die Probandin konnte die Räume taktil deutlich unterscheiden.
- Die Raumbelung verlief einwandfrei.

23. Belegen Sie einen Raum für Freitag, 5. Doppelstunde und merken Sie sich, wo der Raum innerhalb des Gebäudes liegt! War das Belegen einfach umzusetzen? Gab es Schwierigkeiten einen Raum zu finden? Konnten Sie die Farben der freien und belegten Räume gut unterscheiden?

- Der Programmablauf hat problemlos funktioniert.
- Die Probandin konnte die Räume taktil deutlich unterscheiden.
- Die Raumbelung verlief einwandfrei.

24. Suchen Sie sich nun einen beliebigen Wochentag und eine beliebige Doppelstunde aus und versuchen Sie, einen Raum zu belegen! War die Interaktion erfolgreich? Sind Probleme aufgetreten?

- Wochentag: Freitag
- Doppelstunde: 4
- Es sind 2 Räume frei (E042 und E065).
- Die Raumbelung hat einwandfrei funktioniert.

Fragen nach der Benutzung der Karte

25. Wie fanden Sie die Orientierung mit der taktilen Karte? Könnten Sie sich damit problemlos innerhalb eines Gebäudes zurechtfinden?

- Wegen der Fehler beim 3D-Druck war das Erkennen erschwert.
- Die Legende ist unvollständig, die Symbole sind auf Grund des Fehldrucks taktil minimal verschieden zu den Symbolen innerhalb der Karte, was zu Verwirrung führt.

- Die Probandin ist andere taktile Karten mit anderen taktilen Symbolen innerhalb des Gebäudes gewohnt. Nach der Eingewöhnung war die Orientierung besser (z. B. aktueller Standort ist in anderen taktilen Karten ein Kreis, was beim Prototypen die Stahlskulpturen waren).

26. Wie fanden Sie die Interaktion mit dem Shape Display? War die Bedienung einfach oder würden Sie sie ändern wollen?

- Die Anwendung war einfach und intuitiv.
- Der Probandin gefiel die Funktionalität, dass man den Tag und die Doppelstunde selber wählen und das man selbstständig ohne Hilfe eine Raumbelung durchführen kann.

27. Wie fanden Sie die auditive Ausgabe? Hätten Sie sich mehr oder weniger Erklärungen gewünscht?

- Die Probandin meint, die Raumbelung hat gut funktioniert, es wären aber nicht so viele Erklärungen notwendig gewesen.
- Die Probandin schlägt vor, vielleicht verschiedene Modi zu implementieren (mit ausführlichen oder kürzeren Sprachausgaben).

28. Könnten Sie sich für die Zukunft vorstellen mit einem interaktiven Raumbelungsplan, wie er Ihnen heute präsentiert wurde, Räume innerhalb von öffentlichen Gebäuden zu belegen? Falls nein, was hat Sie bei dem Konzept gestört?

- Für eine spontane Raumbelung am selben Tag wäre die Nutzung vorstellbar. Bei einer Belegung für einen zukünftigen Tag (in zwei oder mehr Tagen) würde die Probandin lieber vom Arbeitsplatz aus die Belegung vornehmen wollen (z. B. online).
- Die Probandin unterbreitete den Vorschlag, dass es möglich wäre einen QR-Code anzubringen, um mit einer kompatiblen App den Raumbelungsplan nutzen zu können.

Literatur

- [Ahm+13] Sheraz Ahmed, Markus Weber, Marcus Liwicki et al. *Automatic Analysis and Sketch-Based Retrieval of Architectural Floor Plans*. In: Pattern Recognition Letters, April 2013, 2013 (zitiert auf Seite 7).
- [Aue22] Ferdinand Auerswald. *formBAR: Interactive Data Physikalization*. Forschungsprojekt. Technische Universität Dresden, Deutschland, 8. März 2022 (zitiert auf den Seiten 36, 47).
- [Bal17] Mark S. Baldwin. *Beyond Audition: Tangible Alternatives for Nonvisual Computer Interaction*. In: UbiComp/ISWC'17 Adjunct. Maui, HI, USA, 11.-15. September 2017, ACM, 2017 (zitiert auf den Seiten 4, 6).
- [Bra+14] Jonas Braier, Katharina Lattenkamp, Benjamin Räthel, Sandra Schering und Michael Wojatzki. *Haptic 3D Surface Representation of Table-Based Data for People With Visual Impairments*. In: ACM Transactions on Accessible Computing 6, Volume 1, Article 1. University of Duisburg-Essen, RWTH Aachen University, ACM, 2014 (zitiert auf Seite 5).
- [Bro+29] Anke Brock, Bernard Oriola, Philippe Truillet, Christophe Jouffrais und Delphine Picard. *Map design for visually impaired people: past, present, and future research*. In: Médiation et Information. 36, 2013, S. 117-129 (zitiert auf den Seiten 3, 4).
- [CBT30] Andre Chaszar, P. von Beulow und Michela Turrin. *Multivariate Interactive Visualization of Data in Generative Design*. In: Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design (simAUD 2016). London, UK, 16.-18. Mai 2016, SCS, 2016, S. 223-230 (zitiert auf den Seiten 6-8, 39).
- [Din50] Ipek Gursel Dino. *An evolutionary approach for 3D architectural space layout design exploration*. In: Automation in Construction 69, 2016, S. 131-150 (zitiert auf Seite 7).
- [DM99] Philippe Dosch und Gérald Masini. *Reconstruction of the 3D Structure of a Building from the 2D Drawings of its Floors*. IJDAR '99. Bangalore, India, 22. September 1999, IEEE, 1999 (zitiert auf Seite 7).
- [Eng+20] Christin Engel, Karin Müller, Angela Constantinescu et al. *Travelling more independently: A Requirements Analysis for Accessible Journeys to Unknown Buildings for People with Visual Impairments*. In: ASSETS '20. Virtuelles Event, Greece, 26.-28. Oktober 2020, ACM, 2020 (zitiert auf den Seiten 3, 26, 49).

- [EW43] Christin Engel und Gerhard Weber. *Analyzing the Design of Tactile Indoor Maps*. In: Human-Computer-Interaction - INTERACT 2021, 18th IFIP TC 13 International Conference Bari, Italy, August 30 – September 3, 2021 Proceedings, Part I. Springer-Verlag, Cham, Switzerland, 2021, S. 434-443 (zitiert auf den Seiten 3, 9, 25).
- [Gäh+20] Nils Gähler, Nicolaus Jourdan, Marius Cordts, Uwe Franke und Joachim Denzler. *Cityscapes 3D: Dataset and Benchmark for 9 DoF Vehicle Detection*. arXiv:2006.07864, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.07864>, 2020 (zitiert auf den Seiten 10, 11).
- [HMB18] Leona Holloway, Kim Marriott und Matthew Butler. *Accessible Maps for the Blind: Comparing 3D Printed Models with Tactile Graphics*. In: CHI 2018. Montréal, Canada, 21. - 26. April 2018, ACM, 2018 (zitiert auf den Seiten 3, 4).
- [Ish08] Hiroshi Ishii. *Tangible Bits: Beyond Pixels*. In: Proceedings of the Second International Conference on Tangible und Embedded Interaction (TEI'08). Bonn, Deutschland, 18.-20. Februar 2008, ACM, 2008 (zitiert auf den Seiten 4, 5).
- [JDF13] Yvonne Jansen, Pierre Dragicevic und Jean-Daniel Fekete. *Evaluating the Efficiency of Physical Visualizations*. In: Proceedings of the 2013 Annual Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2013). Paris, Frankreich, April 2013, ACM, 2013 (zitiert auf Seite 4).
- [Jan+16] Yvonne Jansen, Pierre Dragicevic, Petra Isenberg et al. *Opportunities and Challenges for Data Physicalization*. In: Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI). New York, NY, United States, April 2015, ACM, 2016 (zitiert auf den Seiten 4, 6).
- [Kei+10] Daniel Keim, Jörn Kohlhammer, Geoffrey Ellis und Florian Mansmann. *Solving Problems with Visual Analytics*. Eurographics, Goslar, 2010 (zitiert auf den Seiten 7, 39).
- [Kon+84] Ksenia Konyushkova, Jasper Uijlings, Christoph H. Lampert und Vittorio Ferrari. *Learning Intelligent Dialogs for Bounding Box Annotation*. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision und Pattern Recognition (CVPR), 2018, S. 9175-9184 (zitiert auf Seite 10).
- [LL 1] Lew Davidowitsch Landau und E. M. Lifschitz. *Lehrbuch der Theoretischen Physik Band 1, Mechanik*. Europa Lehrmittel, Haan-Gruiten, 1997, S. 1 (zitiert auf den Seiten 10, i).
- [Lee19] Cheng-Lung Lee. *An Evaluation of Tactile Symbols in Public Environment for the Visually Impaired*. Department of Industrial Engineering und Management, Chaoyang University of Technology No. 168, Jifeng E. Rd., Wufeng District, Taichung, 41349, Taiwan, R.O.C., 2019 (zitiert auf Seite 3).
- [Lei+48] Daniel Leithinger, David Lakatos, Anthony DeVincenzi, Matthew Blackshaw und Hiroshii Ishii. *Direct and gestural interaction with relief: A 2.5D shape display*. In: Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology. 16.-19. Oktober 2011, Santa Barbara, CA, USA, ACM, 2011, 541-548 (zitiert auf den Seiten 5, 6, 46).
- [Lu+47] Tong Lu, Huafei Yang, Ruoyu Yang und Shijie Cai. *Automatic analysis and integration of architectural drawings*. IJDAR 9, 2005, S. 31-47 (zitiert auf Seite 7).
- [Pet+18] Anna Petrasova, Brendan Harmon, Vaclav Petras, Payam Tabrizian und Helena Mitasova. *Tangible Modeling with Open Source GIS*. Springer, 2018 (zitiert auf Seite 5).
- [Pfa+17] Nicola Pfau, Prof. Dr. Axel Olaf Kern, Dr. Christian Wolfram und Dr. Margrit Kalcklösch. *GBE-Themenheft Blindheit und Sehbehinderung*. Robert Koch-Institut, 2017 (zitiert auf Seite 15).
- [SH90] Kihoon Son und Kyung Hoon Hyun. *A Framework for Multivariate Data Based Floor Plan Retrieval and Generation*. In: Proceedings of the 26th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) 2021, Volume 1. Hong Kong, Asia, 29. März - 01. April 2021, CAADRIA, 2021, S. 281-290 (zitiert auf Seite 7).
- [SHB99] Simon Stusak, Moritz Hobe und Andreas Butz. *If Your Mind Can Grasp It, Your Hands Will Help*. Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, und Embodied Interaction - TEI '16, November, 2016, S. 92-99 (zitiert auf den Seiten 11, 30).
- [Tay+28] Brandon Taylor, Anind Dey, Dan Siewiorek und Asim Smailagic. *Tactile-Maps.net: A Web Interface for Generating Customized 3D-Printable Tactile Maps*. In: Proceedings of the 17th International ACM SIGACCESS Conference on Computers Accessibility. ACM, 2015, S. 427-428 (zitiert auf Seite 3).
- [TSD40] Melanie Tory, Colin Swindells und Rebecca Dreezer. *Comparing Dot and Landscape Spatializations for Visual Memory Differences*. In: IEEE TRANSACTIONS ON VISUALIZATION und COMPUTER GRAPHICS, VOL. 15, NO. 6, November-Dezember 2009, 2009, S. 1033-1040 (zitiert auf Seite 11).
- [WHK13] Michele A. Williams, Amy Hurst und Shaun K. Kane. *"Pray Before You Step Out": Describing Personal and Situational Blind Navigation Behaviors*. In: Assets'13. Bellevue, WA, USA, 21.-23. Oktober 2013, ACM, 2013 (zitiert auf den Seiten 1, 3, 49).
- [Mi-10] Pyo Mi-young. *Construction and Design Manual, Architectural Models 1*. DOM publishers, 2010 (zitiert auf Seite 4).
- [ZAR68] Oren Zuckerman, Saeed Arida und Mitchel Resnick. *Extending Tangible Interfaces for Education: Digital Montessori-inspired Manipulatives*. In: CHI '05 ACM. Portland, Oregon, USA, 2.-7. April 2005, 2005, S. 859-868 (zitiert auf Seite 11).

Webpages

[@Ber22] Bernd Müller. *Wie sehen Farbenblinde die Welt?* 2022. URL: <https://opti.cundvisi.on.de/2019/04/04/wie-sehen-farbenblinde-die-welt/> (besucht am 10. Mai 2022) (zitiert auf Seite 15).

[@Dr 22] Dr. Björn Krollner. *Sehstörungen*. 2022. URL: <https://www.icd-code.de/suche/icd/code/H53.-.html?sp=SH53.5> (besucht am 10. Mai 2022) (zitiert auf Seite 15).

[@Gen22] Generaldirektorin Katrin Stump. *SLUB*. 2022. URL: <https://www.slub-dresden.de/besuchen/ausleihen/selection> (besucht am 11. Aug. 2022) (zitiert auf Seite 31).

[@Jul20] Julian Striegl. *Accessible Maps for the Visually Impaired*. 2020. URL: <https://accessibl emaps.de/> (besucht am 27. Mai 2022) (zitiert auf Seite 9).

[@Man22] Manuel Domler. *Musterplan Fluchtplan*. 2022. URL: <https://db-fluchtplan.de/> (besucht am 12. Juni 2022) (zitiert auf Seite 17).

[@Tec22a] Technische Universität Dresden. *Andreas-Pfitzmann-Bau - Etage 0*. 2022. URL: <https://navigator.tu-dresden.de/etplan/apb/00> (besucht am 29. Juni 2022) (zitiert auf den Seiten 24, 41).

[@Tec22b] Technische Universität Dresden. *Campusnavigator TU Dresden*. 2022. URL: <https://navigator.tu-dresden.de/huefm/finder/etage> (besucht am 12. Aug. 2022) (zitiert auf den Seiten 12, 14).

[@Tec22c] Technische Universität Dresden. *Campusnavigator TU Dresden*. 2022. URL: <https://navigator.tu-dresden.de> (besucht am 12. Aug. 2022) (zitiert auf Seite 12).

[@Tec22d] Technische Universität Dresden. *Campusnavigator TU Dresden*. 2022. URL: <https://navigator.tu-dresden.de/huefm/finder/freerooms> (besucht am 12. Aug. 2022) (zitiert auf Seite 13).

[@Tec22e] Technische Universität Dresden. *Campusnavigator TU Dresden*. 2022. URL: <https://navigator.tu-dresden.de/etplan/abs/02/raum/352202.0140> (besucht am 12. Aug. 2022) (zitiert auf den Seiten 14, 38).

[@Tec22f] Technische Universität Dresden. *Zeitraster der TU Dresden*. 2022. URL: <https://tu-dresden.de/studium/im-studium/studienorganisation/ehrangebot/zeitraster> (besucht am 29. Juni 2022) (zitiert auf Seite 25).

[@Tec22g] Technische Universität Dresden. *ZIH ALS IT-DIENSTLEISTER*. 2022. URL: <https://tu-dresden.de/zihdienste> (besucht am 14. Aug. 2022) (zitiert auf Seite 12).

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-----|--|----|
| 2.1 | Funktionsweise einer GUI: Die Eingabe erfolgt durch ein physisches Medium, während die Ausgabe rein graphisch ist [Ish08]. | 5 |
| 2.2 | Funktionsweise einer TUI: Eingabe und Ausgabe erfolgen beide über ein physisches Medium [Ish08]. | 5 |
| 2.3 | Mit 2,5-dimensionalen Shape Displays wird eine direkte haptische Interaktion ermöglicht. [Lei+48] | 6 |
| 2.4 | Anwendung multivariater Datenanalyse bei Gebäuden (Oberes Bild: Einteilung des Gebäudes in ein Raster. Jede Zelle des Rasters entspricht einem Eintrag einer rechteckigen Matrix. Unteres Bild: Jeder Raum wird durch den Knoten eines Graphen repräsentiert. Aus dessen k -Färbbarkeit lassen sich Rückschlüsse über Relationen der Räume zueinander ziehen [SH90]. | 7 |
| 3.1 | 3D Bounding Box Annotation in einem RGB-Bild [Gäh+20]. Daraus kann eine räumliche Einordnung des Objektes erstellt werden. | 11 |
| 3.2 | Freiraumsuche des Campusnavigators [@Tec22c] | 12 |
| 3.3 | Freiraumsuche des Campusnavigators nach Wunschtermin [@Tec22d] | 13 |
| 3.4 | Gebäudeplan des ausgewählten Raumes [@Tec22e] | 14 |
| 3.5 | Verfügbarkeit des Raumes in der angegebenen Kalenderwoche [@Tec22b] | 14 |
| 4.1 | Fluchtpläne in Deutschland sind meist in Grün- und Rottönen gehalten, was mit Protanopie oder Deutanopie schlecht unterscheidbar ist [@Man22] | 17 |
| 4.2 | Empathy Map über einen blinden Studierenden | 19 |
| 4.3 | Gebäudeplan des Erdgeschosses des APB in Dresden [@Tec22a] | 24 |
| 4.4 | Taktile Gebäudeplan des Hauptbahnhofs in Hannover, Deutschland Material: Metall | 26 |
| 4.5 | Taktile Gebäudeplan des Bürogebäudes Zellescher Weg der Technischen Universität Dresden, Deutschland Material: Hartplastik | 27 |
| 4.6 | Legende der verwendeten Elemente der taktilen Karte | 27 |
| 4.7 | Taktile Schilder der Damen- und Herrentoiletten der TU Dresden mit Brailleschrift | 28 |

| | | |
|------|---|----|
| 4.8 | geschlossener Raum innerhalb des Gebäudes mit einer Tür | 28 |
| 4.9 | offener Raum innerhalb des Gebäudes ohne Türen (z. B. Computerkabine, Sitzzecke, u. A.) | 28 |
| 4.10 | Leitsystem im Deutsch Historischen Museum in Berlin | 29 |
| 4.11 | Leitsystem innerhalb des APB in Dresden | 29 |
| 4.12 | Seminarräume im Erdgeschoss des APB: Die rot markierten Bereiche zeigen die vier ausgewählten Seminarräume mit Raumnummer an, welche im Prototyp durch das Shape Display dargestellt werden sollen. | 30 |
| 4.13 | Modell der taktilen Karte des Erdgeschosses des APBs in Dresden, erstellt mit AutoDesk Fusion360 | 33 |
| 4.14 | Die taktile Karte aus den vier gedruckten Teilen. Das Foto musste im Nachhinein geringfügig bearbeitet werden, da beim Fotografieren das Material sehr reflektiert hat. | 34 |
| 4.15 | Die Symbole innerhalb der Legende: Statue (1), Standort der Karte (2) und Treppe (3) wurden vollständig gedruckt. Aufzüge (4), Toilette (5) und barrierefreie Toilette (6) wurden nicht vollständig gedruckt. Auch hier musste das Foto nachträglich bearbeitet werden auf Grund des reflektierenden Materials. | 35 |
| 4.16 | Die Symbole innerhalb der Karte: Türen (1), Aufzüge (2), der Standort der Karte (3), und Treppen (4) wurden vollständig gedruckt. Die Symbole für Toiletten (5) und barrierefreie Toiletten (6) waren leider zu klein und wurden nicht ordentlich oder gar nicht gedruckt | 35 |
| 4.17 | Aufbau eines formBARs [Aue22] | 36 |
| 4.18 | Konstruktion für die formBARs unterhalb der taktilen Karte | 37 |
| 4.19 | Vogelperspektive auf die taktile Karte mit den eingesetzten formBARs . | 37 |
| 4.20 | Eingebaute formBARs im vollständig eingefahrenen Zustand | 38 |
| 4.21 | Startbildschirm der Wartungsfunktion | 43 |
| 4.22 | Semesterplan des Raums E010 | 44 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 4.1 | Zeitraaster der Technischen Universität Dresden [@Tec22f] | 25 |
| 4.2 | Kostenanalyse des hier präsentierten Prototyps | 47 |

List of Listings

| | | |
|-----|--|----|
| 4.1 | Ausschnitt der Datei Raum_Uebersicht.txt | 42 |
| 4.2 | Ausschnitt der Datei Raum01.txt im Unterordner Raum_Plan | 42 |

Inhaltsverzeichnis des Datenträgers

/Bachelorarbeit_Drechsler_Nelie_4845250

 /BA_Code

 /Raum_Info

 Raum01.txt

 Raum02.txt

 ...

 Raum79.txt

 /Raum_Plan

 Raum01.txt

 Raum02.txt

 ...

 Raum79.txt

 /Semesterplan

 Raum01.txt

 Raum05.txt

 Raum06.txt

 Raum07.txt

 Raum08.txt

 Raum09.txt

 Raum10.txt

 Raum23.txt

 Raum40.txt

 Raum42.txt

 Raum51.txt

 Raum65.txt

 Raum69.txt

 alleZeiten.txt

 booking.txt

 formBAR.pde

 Funktions_Auswahl.py

 Hauptmenue.py

Raum_Uebersicht.txt
Raumbelagungsplan.py
Raumzurücksetzung.py
run_Wartung.py
user.txt
Wartung.py
/Model_taktile_Karte
taktile_Karte.f3d
taktile_Karte.stl

Colophon

This thesis was typeset with \LaTeX . It uses the *Clean Thesis* style developed by Ricardo Langner. The design of the *Clean Thesis* style is inspired by user guide documents from Apple Inc.

Download the *Clean Thesis* style at <http://cleanthesis.der-ric.de/>.

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig, unter Angabe aller Zitate und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Dresden, 15. August 2022

Nele Drechsler

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen Dank aussprechen, da viele Menschen zu der Entstehung dieser Arbeit beigetragen haben.

Ich bedanke mich bei Prof. Dr. rer. nat. habil. Gerhard Weber für die Erstbegutachtung, sowie bei Dr.-Ing. Claudia Loitsch für die Zweitbegutachtung. Beide haben es mir ermöglicht, diese Abschlussarbeit über ein interessantes Thema am Lehrstuhl für Mensch-Computer Interaktion der TU Dresden anzufertigen.

Ein spezieller Dank geht auch an Ferdinand Auerswald für die Bereitstellung der formBARS und an Julian Böhm für die Durchführung des 3D-Drucks.

Ein besonderer Dank gilt auch Anja Winkler und Jakob Arnold für die Evaluierung des Prototyps, sowie die zahlreichen Vorschläge und wertvollen Hinweise für die zukünftige Weiterentwicklung des Projekts.

Abschließend bedanke ich mich bei meiner Mutter und meinen Bruder, sowie bei meinen Freunden für die gesamte Unterstützung während meines Studiums, trotz teils erschwerten Bedingungen während der Corona-Pandemie.

