

Evaluierung der Nutzer-Aufmerksamkeit für dynamische Kartenbeschriftung

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

im Rahmen des Studiums

Software Engineering und Internet Computing

eingereicht von

Ing. Verena Zernpfennig, BSc

Matrikelnummer 01326134

an der Fakultät für Informatik

der Technischen Universität Wien

Betreuung: Associate Prof. Dipl.-Inform. Dr.rer.nat. Martin Nöllenburg

Mitwirkung: Ao.Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.phil. Margit Pohl

Wien, 27. August 2020

Verena Zernpfennig

Martin Nöllenburg



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Evaluation of user attention for dynamic labeling

DIPLOMA THESIS

submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of

Diplom-Ingenieurin

in

Software Engineering and Internet Computing

by

Ing. Verena Zernpfennig, BSc

Registration Number 01326134

to the Faculty of Informatics

at the TU Wien

Advisor: Associate Prof. Dipl.-Inform. Dr.rer.nat. Martin Nöllenburg

Assistance: Ao.Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.phil. Margit Pohl

Vienna, 27th August, 2020

Verena Zernpfennig

Martin Nöllenburg



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Erklärung zur Verfassung der Arbeit

Ing. Verena Zernpfennig, BSc

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen –, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Wien, 27. August 2020

Verena Zernpfennig



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Danksagung

Ich möchte ein großes Dankeschön an alle aussprechen, die mir in der Zeit während der Erstellung der Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite standen. Dabei möchte ich folgende Personen besonders hervorheben:

- Prof. Martin Nöllenburg für seine geduldige und hilfsbereite Unterstützung.
- Prof. Margit Pohl für die intensive Betreuung und den Tipps für die Erstellung der Nutzerstudie und der statistischen Auswertung.
- Heinz Deinhart und dem gesamten Team für die problemlose Durchführung der Nutzerstudie im Computerraum der TU Wien.
- Dr. Benjamin Niedermann für die kompetente und freundliche Unterstützung während der Einfindungsphase in das TML Framework.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Acknowledgements

A big thank you to everyone who supported me with words and deeds during the preparation of this diploma thesis. I would like to highlight the following people in particular:

- Prof. Martin Nöllenburg for his patient and helpful support.
- Prof. Margit Pohl for the intensive support and the tips for the preparation of the user study and the statistical analysis.
- Heinz Deinhart and the entire team for the smoothly implementation of the user study in the computer room of the TU Wien.
- Dr. Benjamin Niedermann for the competent and friendly support during the familiarization phase with the TML framework.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Kurzfassung

Navigationssysteme sind aus der heutigen Zeit nicht mehr wegzudenken. Smartphones und andere Navigationsgeräte ermöglichen eine einfache Darstellung von Routen und Karten. Besonders die Platzierung der Beschriftungen in diesen Karten erfordert die Berücksichtigung von einigen Aspekten, um Störeffekte, wie z. B. Flackern und Springen, zu vermeiden. Für diese Aufgabe wurden von den Autoren Been et al. 2006 [BDY06] Konsistenzkriterien definiert, die diese Störeffekte in dynamischen Karten verhindern sollen. In dieser Diplomarbeit werden die beiden Konsistenzkriterien *Flackern beim Zoomen* und *Springen* auf Basis des modifizierten Temporal Map Labeling Frameworks [BNNS16] in einer Nutzerstudie anhand verschiedener Aufgaben geprüft. Die Ergebnisse zeigen, dass Flackern beim Zoomen als auch plötzliches Erscheinen einer Beschriftung teilweise negativen Einfluss auf die Lesbarkeit nehmen. Des Weiteren haben Zoomsequenzen - Hineinzoomen und Herauszoomen - als auch der Verlauf einer engen Kurve teilweise zu Schwierigkeiten bei der Lösung der Aufgaben geführt. Je nach Schwierigkeitsgrad des Streckenverlaufs in der Videosequenz konnten störende Effekte bei der Wahrnehmung festgestellt werden. Die Einzelbefragungen der Teilnehmer und Teilnehmerinnen zeigte zusätzlich, dass eine höhere Anzahl an Bezeichnungen in einer Kartenansicht als unübersichtlich wahrgenommen wird. Als Ergebnis zu dieser Arbeit kann festgehalten werden, dass übermäßige Bewegungen der Beschriftungen konkret Flackern und plötzliches Erscheinen einer Beschriftung abhängig von der Aufgabenstellung, einen negativen Effekt auf die Lesbarkeit dieser Beschriftungen haben kann.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abstract

Navigation systems have become indispensable today. Smartphones and other navigation devices allow routes and maps to be displayed easily. The placement of the labels e.g., restaurants or important places in these cards, in particular, requires consideration of some aspects in order to avoid disruptive effect such as flickering and jumping. For this task, the authors Been et al. 2006 [BDY06] defined consistency criteria that are supposed with the goal of preventing these disruptive effects in dynamic maps. In this diploma thesis, the two consistency criteria *flickering when zooming* and *jumping* are tested on a modified version of the temporal map labeling framework [BNNS16] in a user study on the basis of various tasks. The results show that flickering when zooming as well as label popping may have negative influence on legibility. Furthermore, zoom sequences - zooming in and zooming out - as well as the course of a tight curve have sometimes led to difficulties in solving the tasks. Depending on the degree of difficulty of the route, disturbing effects on perception can be detected in the video sequence. Individual surveys of the participants also showed that a higher number of names in a map view is perceived as distracting. As a result of this work it can be stated that excessive movements of the labels, specifically flickering when zooming and label popping depending on the exercise, may have a negative effect on the legibility of these labels.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-------------|
| Kurzfassung | xi |
| Abstract | xiii |
| Inhaltsverzeichnis | xv |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Verwandte Arbeiten | 9 |
| 3 Kartenbeschriftung in dynamischen Karten | 13 |
| 4 Framework | 17 |
| 4.1 Technische Umsetzung | 18 |
| 4.2 Modell | 20 |
| 4.3 Erweiterungen | 26 |
| 5 Nutzerstudie | 31 |
| 5.1 Erstellung eines Entwurfs | 32 |
| 5.2 Generierung der Stimuli | 38 |
| 5.3 Webapplikation | 41 |
| 5.4 Technische Umsetzung | 52 |
| 5.5 Durchführung | 54 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6 | Auswertung | 63 |
| 6.1 | Aufbereitung | 63 |
| 6.2 | Persönliche Daten | 64 |
| 6.3 | Analyse der Testergebnisse | 67 |
| 6.4 | Persönliche Einzelbefragungen | 75 |
| 6.5 | Interpretation und Diskussion | 76 |
| 7 | Conclusio | 79 |
| | Abbildungsverzeichnis | 83 |
| | Tabellenverzeichnis | 85 |
| | Literaturverzeichnis | 87 |
| | Anhang | 89 |

KAPITEL 1

Einleitung

Navigationssysteme sind aus dem heutigen Leben nicht mehr wegzudenken. Durch die Darstellung der Routen und Karten auf Smartphones oder anderen Geräten ist es mittlerweile auch für Fußgänger ein Leichtes den Weg auch ohne Stadtplan zu finden.

Gängige Applikationen, wie z. B. Google Maps¹ oder auch mit OpenStreetMap² unterstützte Darstellungen werden täglich von vielen Menschen verwendet und dabei werden Darstellungen von Beschriftungen meist nicht in Frage gestellt. Die Darstellung der Karte und deren Beschriftungen werden bereits für selbstverständlich erachtet. Durch die stark steigende Anzahl an Smartphone NutzerInnen weltweit (Stand 2019: 3,2 Mrd. [sta]) und die Verwendung von standortbezogenen Diensten (engl. Location Based Services (LBS)) in verschiedenen mobilen Applikationen wird immer mehr Wert auf eine gute Darstellung der Kartenansicht gelegt.

Die Kartendarstellung besteht dabei aus einer Hintergrundkarte inkl. Straßenstruktur und grafischen Darstellungen als auch textuelle Beschriftungen. Diese Form der Darstellung dient zur Präsentation von detaillierten Informationen für den Benutzer oder die Benutzerin. Sobald die Position des Fußgängers oder des Autos erfasst wurde, rich-

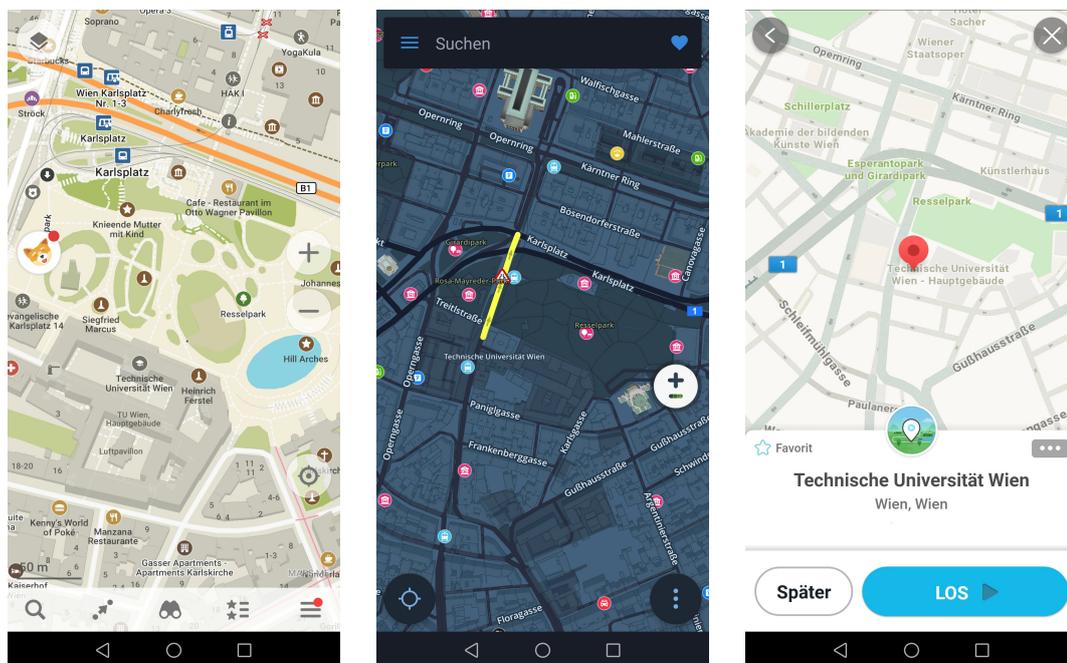
¹<https://www.google.at/maps>

²<https://www.openstreetmap.org/>

1. EINLEITUNG

tet sich die Karte automatisch aufgrund der neuen Position neu aus. Dabei werden ebenfalls die Beschriftungen neu positioniert bzw. sogar ausgeblendet, da sie z. B. den Bildschirmrand erreicht bzw. überschritten haben oder sich gegenseitig überlappen würden. Bei der Verwendung eines Smartphones kann der Anwender oder die Anwenderin die Kartendarstellung durch Zoomen, Verschieben oder Rotieren (siehe Abbildung 1.7) verändern.

Zum aktuellen Zeitpunkt gibt es sowohl mobile Anwendungen als auch im Desktop- und Auto-Navigationsbereich sehr viele verschiedene Darstellungsformen für die Navigation. In der Abbildung 1.1 sind beispielsweise drei mobile Darstellungen für ein Smartphone dargestellt. Es können auch „Google Maps“³, „NavMii“⁴ und viele weitere Applikationen für die mobile Navigation verwendet werden.



(a) Handy-App „maps.me“

(b) Handy-App „Sygic“

(c) Handy-App „Waze“

Abbildung 1.1: Ausgewählte Navigationssysteme für mobile Geräte (Screenshots)

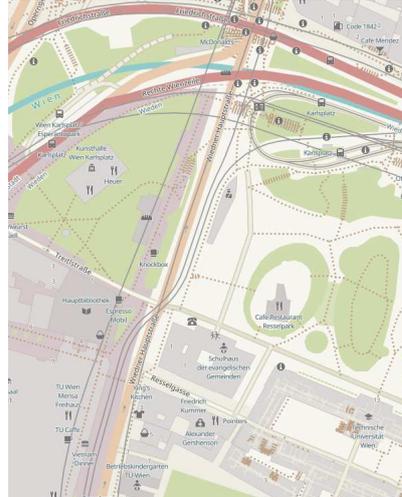
³<https://www.google.at/maps>

⁴<https://www.navmii.com/>

Oftmals gibt es für die mobilen Applikationen auch eine Desktop-Version für die Darstellung auf dem Computer, z. B. „Google Maps“ (siehe Abbildung 1.2a). Die Marktführer für variable Auto-Navigationssysteme sind aktuell „TomTom“⁵ und „Garmin“⁶. Einige Autohersteller verwenden in eingebauten Auto-Navigationssystemen in Kooperation erstellte Kartendarstellungen, da diese Systeme oftmals mit weiteren Funktionalitäten des Autos harmonisieren sollen.



(a) Desktop „Google Maps“



(b) Desktop „OpenStreetMap“

Abbildung 1.2: Ausgewählte Navigationssysteme für die Darstellung am Desktop (Screenshots)

Zoomen Beim Zoomen (siehe Abbildung 1.4a) wird der Maßstab je nach Zoomlevel erhöht oder vermindert. Dabei bleibt der Mittelpunkt der Kartenansicht gleich. Beim Hineinzoomen wird der Maßstab vergrößert, wohingegen beim Hinauszoomen der Maßstab verkleinert wird. Durch die verschiedenen Zoomlevel werden nur Teilansichten der Karte dargestellt. Damit können andere Beschriftungen zum Vorschein kommen als bei der Anfangsansicht. In der Abbildung 1.3 werden die verschiedenen Zoomstufen anhand des Standorts TU Wien veranschaulicht. Dabei zeigt die Abbildung 1.3a die erste Stufe des Zooms, jedoch sind die Beschriftungen noch eher oberflächlich und gehen kaum ins

⁵https://www.tomtom.com/de_at/

⁶<https://www.garmin.com/de-AT/>

1. EINLEITUNG

Detail. Bei den Abbildungen 1.3b als auch 1.3c werden immer mehr Details in der Karte angezeigt, allerdings wird von der App „Google Maps“ berücksichtigt, dass nicht zuviele Beschriftungen gleichzeitig sichtbar werden.

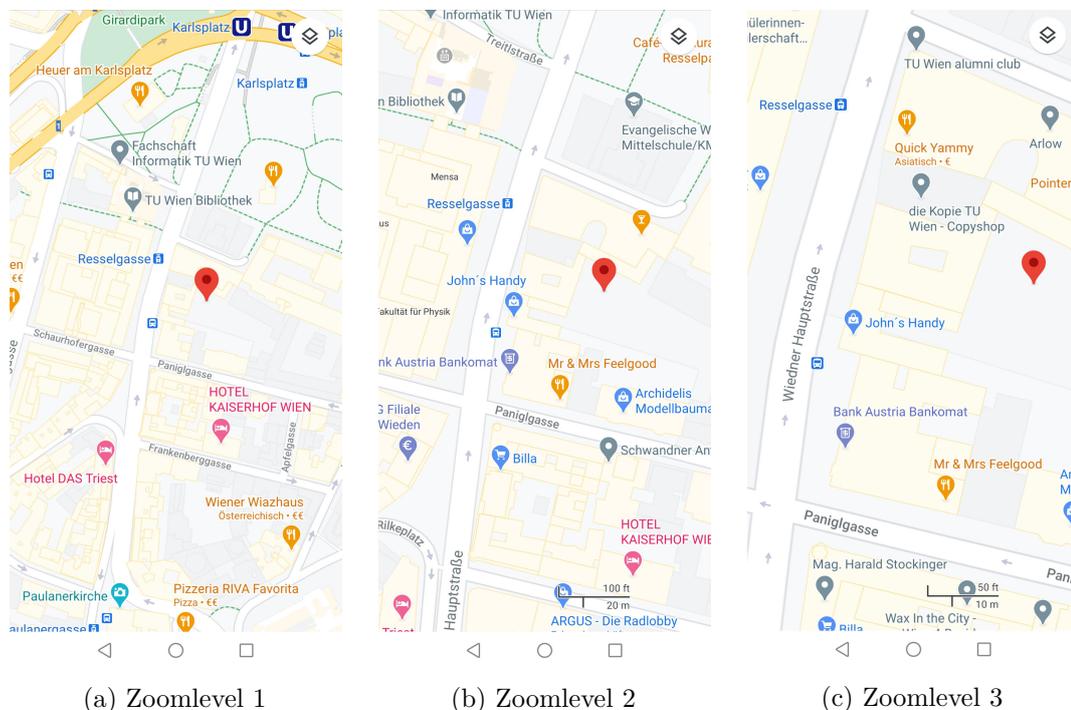


Abbildung 1.3: Verschiedene Zoomlevel für den Standort TU Wien; Smartphone Google Maps (Screenshots)

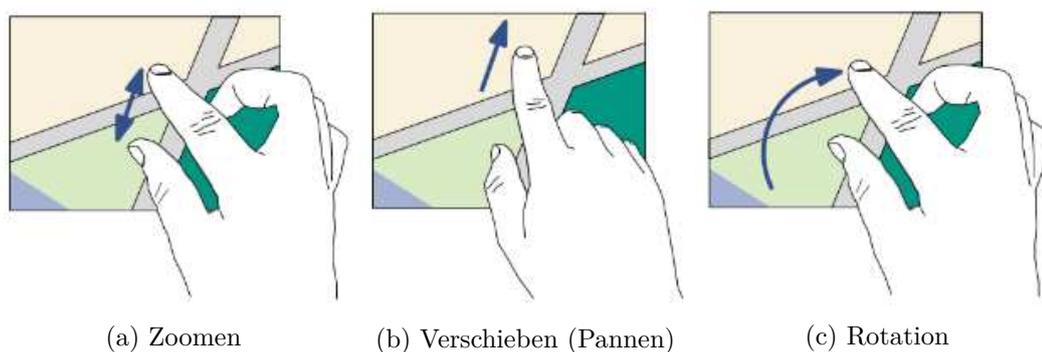


Abbildung 1.4: Interaktionsmöglichkeiten in einer dynamischen Kartenansicht [GNN20, S. 2]

Verschieben (Pannen) Beim Verschieben (siehe Abbildung 1.4b) oder auch Pannen genannt wird der sichtbare Bereich der Kartenansicht verschoben. Dabei wird keine Änderung des Maßstabs durchgeführt, sondern nur die Ansicht auf den beiden Dimensionen (x- und y-Achse) der Karte verändert. Einerseits können durch das Verschieben einige Beschriftungen inaktiv werden, da sie sich außerhalb der Kameraansicht befinden. Andererseits werden neue Beschriftungen angezeigt, sobald diese in die Kameraansicht eintreten und nicht in Konflikt mit einer oder mehreren anderen Beschriftungen stehen. In Abbildung 1.5 wird dieses Ein- und Ausblenden der Beschriftungen in den einzelnen Stufen dargestellt. Zwischen den drei Abbildungen gab es Änderungen in Bezug auf die Sichtbarkeit einiger Beschriftungen.



Abbildung 1.5: Verschieben der Ansicht für den Standort TU Wien auf der y-Achse; Smartphone Google Maps mit 3D-Effekt (Screenshots)

Rotation Die Rotation (siehe Abbildung 1.4c) oder auch Drehung genannt, dreht das Bild um die z-Achse der Kameraansicht. Der Mittelpunkt der Kartenansicht bleibt dabei gleich. Einerseits können durch die Rotation einige Beschriftungen inaktiv werden, da sie

1. EINLEITUNG

sich außerhalb der Kameraansicht befinden. Andererseits werden neue Beschriftungen angezeigt, sobald diese in die Kameraansicht eintreten und nicht in Konflikt mit einer oder mehreren anderen Beschriftungen stehen. In Abbildung 1.6 wird dieses Ein- und Ausblenden der Beschriftungen in den einzelnen Stufen dargestellt. Zusätzlich kommt erschwerend hinzu, dass die Beschriftungen mit der Rotation um die z-Achse sich um die eigene Achse drehen müssen, um die Lesbarkeit für den Anwender bzw. die Anwenderin nach wie vor zu gewährleisten.



Abbildung 1.6: Verschieben der Ansicht für den Standort TU Wien auf der z-Achse; Smartphone Google Maps mit 3D-Effekt (Screenshots)

Integrierte Algorithmen für die Platzierung der Beschriftungen sollen störende Effekte wie z. B. Flackern und Springen vollständig verhindern (sog. Konsistenzkriterien). In der Arbeit von Been u.a. 2006 [BDY06] wurden erstmalig Kriterien für eine konsistente Anzeige der Beschriftungen in dynamischen Karten eingeführt. Dabei handelt es sich um insgesamt vier Konsistenzkriterien – *Flackern beim Zoomen*, *Springen*, *Flackern*

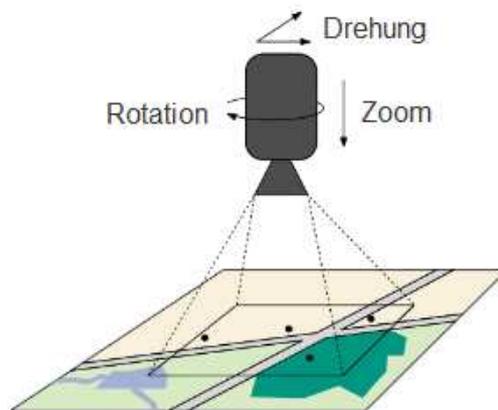


Abbildung 1.7: Übersicht der Interaktionsmöglichkeiten für eine dynamische Kameraansicht (abgeändert aus [GNN20, S. 5])

beim Verschieben und *Historienabhängigkeit*. Diese Störungseffekte, verursacht durch Inkonsistenz der Beschriftungen, sollen vermieden werden. Die Bedingungen können als Voraussetzungen bei den mathematischen Berechnungen der Optimierungsalgorithmen herangezogen werden. Nähere Erläuterungen zu den Konsistenzkriterien folgen in Kapitel 3.

Aktuell existieren zu dieser Diplomarbeit nur wenige vergleichbare Studien (vgl. Kapitel 2), welche untersuchen, inwiefern dieses dynamische Verhalten der Beschriftungen die Aufmerksamkeit des Nutzers oder der Nutzerin beeinflusst. An diesem Punkt setzt diese Arbeit an und beschreibt die Ermittlungsergebnisse darüber, ob absichtlich hervorgerufene Störungseffekte und konsistente Beschriftungen Unterschiede in der Lesbarkeit der Beschriftungen liefern. Um den Rahmen dieser Arbeit etwas einzuschränken, wurden bei der Erstellung der Nutzerstudie folgende Fragen definiert:

- Haben plötzliches Erscheinen und Flackern von Beschriftungen negativen Einfluss auf die Wahrnehmung?
- Können plötzliche Zoomsequenzen kurzzeitig die Aufmerksamkeit negativ beeinflussen?

Für die Beantwortung dieser Fragen wurde eine computerunterstützte Nutzerstudie entworfen und durchgeführt, die verschiedene Beschriftungsmodelle und -algorithmen miteinander vergleicht. Hierfür wurden Videosequenzen einer „Auto-Navigation“-Animation mit unterschiedlichen Aspekten generiert und durch verschiedene Aufgaben innerhalb der Nutzerstudie ausgetestet. Nach Abschluss der Nutzerstudie wurden die Ergebnisse statistisch ausgewertet und interpretiert. Dabei konnte festgestellt werden, dass bei drei von sechs Unteraufgaben die Wahrnehmung der Beschriftungen mehr herausfordernd als bei den anderen Aufgaben war. Doch neben den Störeffekten Flackern und plötzliches Erscheinen kamen zusätzlich Probleme bei einigen Zoomsequenzen hinzu. Eine zu hohe Anzahl der Beschriftungen, die gleichzeitig in einer Videosequenz angezeigt werden, verschlechterte ebenfalls die Wahrnehmung.

Ziel dieser Arbeit ist es die Frage **„Führt dynamische Kartenbeschriftung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Optimierungsalgorithmen zu einem Aufmerksamkeitsdefizit seitens des Nutzers bzw. der Nutzerin?“** beantworten zu können. Sämtliche relevanten Programme und Dateien, die aus dieser Arbeit entstanden sind bzw. in dieser Arbeit vorgestellt werden, sind über einen öffentlichen GitHub-Link⁷ einsehbar. Weitere Informationen zu dem Aufbau der Dateienverwaltung sind im Anhang dieser Diplomarbeit ersichtlich.

Im nächsten Kapitel wird zunächst auf verwandte Arbeiten näher eingegangen, die sich bereits mit ähnlichen Themen in diesem Bereich auseinander gesetzt haben. Anschließend erfolgt eine kurze Einführung in die Grundlagen der Kartenbeschriftungen in dynamischen Karten. In Kapitel 4 wird das Framework, welches als Basis für die Generierung der Videosequenzen fungierte, vorgestellt. Eine Beschreibung zu der Generierung der Stimuli und Durchführung der Nutzerstudie wird in Kapitel 5 vorgenommen. Die statistische Auswertung zu den Ergebnissen aus der Nutzerstudie in Kapitel 6 und eine abschließende Zusammenfassung mit Empfehlungen für weitere Forschungsthemen in Kapitel 7 runden die Diplomarbeit ab.

⁷<https://github.com/VerenaZernpfennig/dipltml> (Stand: 16.08.2020)

Verwandte Arbeiten

In aktuellen wissenschaftlichen Artikeln wird hauptsächlich auf die Problematik der Positionierung von Beschriftungen hingewiesen und über neue Algorithmen für eine Optimierung der Darstellung von Beschriftungen berichtet. Für statische Karten sind einige Untersuchungen über das Verhalten von Beschriftungen vorhanden, doch im Bereich der dynamischen Karten und explizit, wie sehr die Ausrichtung und Darstellung der Beschriftungen Einfluss auf den Nutzer bzw. die Nutzerin hat, gibt es kaum Literatur.

In dem Artikel „Dynamic Map Labeling“ [BDY06] wird explizit auf die Selektion und die Platzierung von Beschriftungen in dynamischen Karten speziell beim Zoomen und Verschieben näher eingegangen. Des Weiteren wird der Begriff „Konsistenz“ als Überbegriff für die Qualitätskriterien für die exakte Platzierung eingeführt. Eine dynamische Beschriftung ist konsistent, wenn sie ohne Sprünge, flackerfrei und historienunabhängig ist. Darunter ist zu verstehen, dass die Historie der Karte keine Rolle für die Platzierung der Beschriftung spielen darf. Sind die Beschriftungen in der Kartendarstellung historienabhängig, erhält man beim gleichen Zoomfaktor und gleichen sichtbaren Kartenausschnitt verschiedene Beschriftungen. Dies gilt es bei einer konsistenten Beschriftung in einer dynamischen Darstellung zu vermeiden.

In dieser Diplomarbeit wird speziell auf die Aussage „Für Beschriftungen in einer dynamischen Karte ist es wichtig, Verhalten zu vermeiden, welches irritierend oder ablenkend wirkt, als auch unkontrollierte Bewegungen der Beschriftungen in der Karte.“[BDY06, S. 1] näher eingegangen, denn genau diese *Ablenkung* und *Irritation* sollen mit der Nutzerstudie im Detail beleuchtet werden.

In dem Artikel „Evaluation of Labeling Strategies for Rotating Maps“ [GNR14] wurden drei heuristische Algorithmen entwickelt und in Bezug auf rotierende dynamische Karten näher untersucht. Dabei wird festgehalten, dass Algorithmen für statische Kartenbeschriftung nicht 1:1 für dynamische Karten übernommen werden können. Des Weiteren wurde bei der Implementierung der Algorithmen streng darauf geachtet, dass Störungseffekte auf ein Minimum reduziert werden können. Jedoch wurde für diesen Artikel keine Nutzerstudie durchgeführt.

In der Arbeit „Dynamic map labeling for users“ [OKF09] wurde konkret untersucht, wie sich Nutzerinteraktionen mit einer dynamischen Karte z. B. Pannen (Verschieben der Ansicht) in Bezug auf dessen kognitiven Prozess durch „eye-tracking“ auswirken. Dabei wurde die Anzahl der Beschriftungen in der Karte pro Test variiert. Insgesamt wurden den 28 teilnehmenden Studierenden 20 dynamische Karten in der Nutzerstudie vorgelegt, und in jeder Aufgabe mussten fünf vorgegebene Bezeichnungen in der Karte gefunden werden. Nach 50 Sekunden wurde die Kartenansicht automatisch horizontal um eine gewisse Distanz nach rechts verschoben und erneut mussten wieder fünf Begriffe in der Karte gesucht werden. Es konnte festgestellt werden, dass weniger Beschriftungen für die Orientierung nach der Interaktion deutlich bessere Resultate lieferten.

Verschiedene Beschriftungsalgorithmen wurden in der Dissertation „Dynamic Label Placement in Practice“ [Sch15] entwickelt, die sowohl in 2D-Karten als auch in 3D-Karten Anwendung finden. Dabei wurde versucht so viele Beschriftungen wie möglich auf der Karte zu platzieren ohne dass diese springen, flackern oder sich überlappen. Es wurden zwei Modelle für Punktebeschriftungen, zwei Modelle für Beschriftungen und die Platzierungen von Beschriftungen entlang einer Straße entwickelt bzw. erstellt.

Die Algorithmen haben sich in Bezug auf die Rechenzeit als effizient und echtzeitfähig herausgestellt. Diese Ergebnisse wurden ohne Durchführung einer Nutzerstudie ermittelt.

In dem Artikel „Evaluation of Alternative Label Placement Techniques in Dynamic Virtual Environments“ [PACE09] wurden die Ergebnisse einer Nutzerstudie in Bezug auf den Einfluss der Beschriftungen auf den Suchvorgang innerhalb der Karte näher erläutert. Dabei kam deutlich hervor, dass Bewegungen der Beschriftungen in **einer** räumlichen Dimension weniger störend wirkten, als die Anwendung von herkömmlichen Optimierungsalgorithmen, die Beschriftungen in beiden Dimensionen verschieben. Vor allem die Tiefenseparation der Beschriftungen in 3D-Karten durch stereoskopische Disparitätsanpassung wurde ebenfalls von Nutzern und Nutzerinnen als weniger störend eingestuft.

In dem Artikel „An Evaluation of Visual Search Support in Maps“ [NHB⁺17] wurde explizit die Suche nach bestimmten Beschriftungen innerhalb einer Karte näher beleuchtet. Hierfür wurden vier verschiedene Ansätze, die bei der Suche unterstützend wirken sollen, untersucht. Hierfür wurde eine „eye-tracking“ Studie mit 30 Teilnehmern und Teilnehmerinnen durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass die Suche nach einer Beschriftung ohne weitere Hilfestellung deutlich schwieriger war im Vergleich zu anderen Suchmethoden, wie z. B. Rastersuche. Am besten hat die Suche mit einer kleinen Miniaturansicht der Karte mit expliziter Kennzeichnung der Beschriftung funktioniert.

In der Masterarbeit von Stefan Teutsch [Teu18] wurde durch eine Nutzerstudie konkret der Einfluss des Kriteriums *Flackern beim Zoomen* anhand von verschiedenen Aufgaben getestet. Dabei wurde festgestellt, dass dieses Kriterium beachtenswerte Verbesserung auf die Darstellung der Beschriftungen hat. Des Weiteren konnte ermittelt werden, dass Flackern wie auch Auszoomen Einfluss auf die Lesbarkeit der Bezeichnungen genommen hat. Als Ergebnis dieser Nutzerstudie wurde ein geringer negativer Einfluss auf die Lesbarkeit der Beschriftungen durch Flackern geliefert. Bei dieser Arbeit wurde bei der Durchführung der Aufgabe die Reaktionszeit gemessen und ein Vergleich zwischen vorhandenen und fehlenden Kartenhintergrund angestellt.

Bei den erwähnten Arbeiten und Artikeln, wurde der Fokus auf die Entwicklung und Optimierung von Algorithmen für Beschriftungen in dynamischen Karten gelegt. Tatsächlich gibt es deutlich mehr Ausarbeitungen im Bereich der Beschriftungsoptimierung in dynamischen Karten als in Bezug auf die Lesbarkeit der Beschriftungen in dynamischen Karten. Die Beschriftungsoptimierung hatte bei der Ausarbeitung dieser Diplomarbeit wenig Relevanz. Für die Erstellung der Videosequenzen für die Nutzerstudie wurden bestehende Beschriftungsalgorithmen aus dem Artikel „Temporal map labeling: a new unified framework with experiments“ [BNNS16] herangezogen.

Jedoch gibt es wenige Arbeiten, wie z. B. die Masterarbeit von Teutsch [Teu18], die untersuchen welchen negativen Einfluss Flackern und plötzliches Erscheinen von Beschriftungen in dynamischen Karten haben kann. An diesem Punkt knüpft diese Arbeit an, um nähere Erkenntnisse im Bereich der Lesbarkeit und Darstellung von Beschriftungen in dynamischen Karten zu erhalten.

Kartenbeschriftung in dynamischen Karten

Im heutigen Zeitalter ist Routenplanung durch die Verwendung von Smartphones deutlich wichtiger geworden. Die Probleme mit Kartenbeschriftungen in statischen Karten können ebenfalls sehr komplex sein, meist sogar NP-schwer [BDY06]. Interaktionen mit einer statischen Karte sind nicht in dem Umfang wie bei einer dynamischen Karte möglich. Damit müssen mögliche Einflussfaktoren, wie Zoomen und Verschieben der Kartendarstellung bei statischen Karten nicht weiter berücksichtigt werden.

In dynamischen Karten, vor allem bei der Verwendung von digitalen Geräten, kann jede Interaktion mit der Karte durch den Anwender bzw. die Anwenderin zu einer Verschiebung der Kartendarstellung und damit auch zu einer anderen Ansicht der Beschriftungen führen. Auf diese Problematik der richtigen Darstellung von Beschriftungen wurden bereits Forscher im Jahre 2006 aufmerksam.

In dem Artikel „Dynamic map labeling“ [BDY06] wurde erstmalig versucht, Kriterien (sogenannte „Desiderata“) für dynamische Kartenbeschriftung zu definieren. Damit soll gewährleistet werden, dass die Beschriftungen während einer durchgeführten Interaktion, wie z. B. Zoomen oder Rotieren durch den Nutzer bzw. die Nutzerin konsistent bleiben.

3. KARTENBESCHRIFTUNG IN DYNAMISCHEN KARTEN

Der Begriff **Konsistenz** bezogen auf dynamische Kartenbeschriftung ist erfüllt, wenn die Beschriftung ohne Flacker-Effekte, ohne Sprünge und historienunabhängig ist. Die erwähnten Kriterien sind wie folgt definiert:

| Nr. | Effekt | Beschreibung |
|-----|---------------------------|---|
| D1 | Flackern beim Zoomen | <p>Mit Ausnahme beim Verlassen und Erscheinen auf der Kameraansicht, sollten Beschriftungen beim Hineinzoomen nicht verschwinden und beim Herauszoomen nicht wiedererscheinen.</p> <p><i>Except for sliding in or out of the view area, labels should not vanish when zooming in or appear when zooming out.</i></p> |
| D2 | Springen | <p>Solange eine Beschriftung sichtbar ist, sollte sich die Position und die Größe beim Verschieben und Zoomen kontinuierlich anpassen.</p> <p><i>As long as a label is visible, its position and size should change continuously under the pan and zoom operations.</i></p> |
| D3 | Flackern beim Verschieben | <p>Mit Ausnahme beim Verlassen und Erscheinen auf der Kameraansicht, sollten Beschriftungen beim Verschieben nicht verschwinden oder erscheinen.</p> <p><i>Except for sliding in or out of the view area, labels should not vanish or appear during panning.</i></p> |
| D4 | Historienabhängigkeit | <p>Die Platzierung und Auswahl einer Beschriftung ist eine Funktion des aktuellen Kartenzustandes (Maßstab und Kameraansicht).</p> <p><i>The placement and selection of any label is a function of the current map state (scale and view area).</i></p> |

Abbildung 3.1: Auflistung der Konsistenzkriterien [BDY06]

Flackern Unter Flackern wird das Verhalten einer Beschriftung beschrieben, dass während einer kurzen Zeitspanne der Interaktion nicht sichtbar ist, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt wieder eingeblendet wird. Dieser Vorgang kann sich während der Interaktion z. B. Zoomen oder Verschieben mehrmals wiederholen.

Springen Beim Springen ändert sich die Position einer Beschriftung während der Interaktion sprunghaft und nicht kontinuierlich.

Plötzliches Erscheinen In dem Artikel von Been et al. 2006 [BDY06] wird beschrieben, dass irritierende und zur Ablenkung führende Bewegungen einer Beschriftung unterbunden werden soll. Als Beispiel wird „label popping“ oder unerwartete Bewegungen angeführt. Unter „plötzliches Erscheinen“ wird verstanden, dass eine Beschriftung a aus der Kameraansicht verschwindet, stattdessen in der Nähe eine neue Beschriftung b zum Vorschein kommt. Der wesentliche Unterschied zu Springen ist dabei, dass bei Springen die **gleiche** Beschriftung die Position sprunghaft ändert. Allerdings bei „plötzliches Erscheinen“ der schnelle Wechsel auf eine neue Beschriftung gleich in der Nähe einer verschwundenen (ausgeblendeten) Beschriftung den Unterschied zu Springen ausmacht.

In dieser Arbeit wird konkret der Einfluss auf die Nutzer-Aufmerksamkeit bei Videosequenzen mit den unerfüllten Kriterien D1 und D2 (siehe Abbildung 3.1) getestet. Dabei wird teilweise explizit ein Flackern beim Zoomen und plötzliche Erscheinungen der Beschriftungen in den Videosequenzen erzwungen, um konkret auch die Lesbarkeit der Beschriftungen in einer Nutzerstudie zu hinterfragen. Durch mögliches Zoomverhalten in den Videosequenzen sind Störeffekte, wie z. B. Flackern und plötzliches Erscheinen als auch durch die Verschiebungen der Beschriftungen durch den Streckenverlauf möglich. Aus diesem Grund wurden konkret die Kriterien D1 und D2 ausgewählt, da keine direkte Interaktion, wie z. B. Verschieben der Karte, durch den Anwender bzw. die Anwenderin in der Nutzerstudie möglich ist.

Damit soll geklärt werden, ob diese beiden Kriterien für die dynamische Kartenbeschriftung sinnvoll sind, und ob die möglichen Störungseffekte wie Flackern und plötzliche Erscheinungen tatsächlich durch Berücksichtigung der Kriterien vermieden werden.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Framework

Als Basis für die Generierung der Videosequenzen für die Nutzerstudie wurde das Framework aus dem Artikel „Temporal Map Labeling: A New Unified Framework with Experiments“ [BNNS16] herangezogen. Dieses Framework unterscheidet sich in einem Punkt gravierend von den bereits existierenden Modellen. Denn normalerweise werden bei der Berechnung von aktiven und inaktiven Intervallen sämtliche Bezeichnungen auf der Karte berücksichtigt. In diesem Framework sind nur die Bezeichnungen, die sich aktuell in einer bestimmten Kameraansicht befinden, für die Berechnung relevant. Dadurch kann bereits bei der Optimierung der Bezeichnungen viel Zeit und Speicherressourcen gespart werden. Insgesamt kann deshalb eine schnelle Optimierung während der Laufzeit gewährleistet werden.

Jedoch kommt erschwerend hinzu, dass es sich um eine dynamische Karte handelt und deshalb bei der Optimierung der Beschriftung explizit auf Konsistenz geachtet werden muss, um unerwünschte Effekte wie z. B. Springen oder Flackern zu vermeiden. Bei statischen Karten ist die Platzierung von Beschriftungen deutlich einfacher, da es zu keinen Interaktionen oder Änderungen während der Laufzeit kommt. Trotzdem können Probleme bei der Platzierung der Beschriftungen in statischen Karten NP-schwer sein.

Ein Hauptkriterium für die Qualität der Beschriftungen ist die Sicherstellung, dass zwei Beschriftungen sich zu keinem Zeitpunkt überlappen [FW91][Imh75]. Überlappungen können zu einer eingeschränkten Lesbarkeit führen und sollten aufgrund der unübersichtlichen Darstellung von mehreren Beschriftungen vermieden werden.

4.1 Technische Umsetzung

Das Framework „temporalmaplabeling“¹ wurde in der Programmiersprache C++ entwickelt. Für die grafische Aufbereitung des Frameworks wurde das GUI-Toolkit Qt² ausgewählt und für die Verwendung von OpenStreetMap³ Karten die Bibliothek libosmium⁴ genutzt. Für eine effiziente mathematische Berechnung wurden CGAL⁵ und Gurobi⁶ in das Framework eingebunden. Bei der Entwicklung dieses Frameworks lag der Fokus auf der Entwicklung von Algorithmen für die Optimierung von Bezeichnungen in dem Anwendungsfall Navigationssystem.

Mit dem Skript von Andreas Gemsa⁷ ist es möglich, OpenStreetMap Karten in ein lesbares Format zu exportieren und diese Daten für die Optimierungen zu nutzen. Dabei werden die drei Typen „Auto, Rad und Fußgänger“ unterschieden. Abhängig von dem gewählten Parameter bei der Konvertierung werden verschiedene Daten exportiert z. B. bei „Auto“ die erlaubte Geschwindigkeit auf der Strecke. Nach der Konvertierung werden zwei Dateien ausgegeben. Eine Datei beinhaltet die Koordinaten der Knoten, die Beschriftung, das Straßennetz, die Fahrtrichtung und die maximal erlaubte Geschwindigkeit auf jedem Streckensegment. Die zweite Datei hingegen beinhaltet alle Straßennamen. Für diese Arbeit wurde ausschließlich die erste Datei berücksichtigt.

Mit diesem Framework war es bereits möglich verschiedene Strecken zu generieren (siehe Abbildung 4.1). Hierfür wurde der sogenannte Greedy-Algorithmus verwendet.

¹<https://github.com/kit-algo/temporalmaplabeling>

²<https://www.qt.io/>

³<https://www.openstreetmap.org/>

⁴<https://github.com/osmcode/libosmium>

⁵<https://www.cgal.org/>

⁶<https://www.gurobi.com/de/>

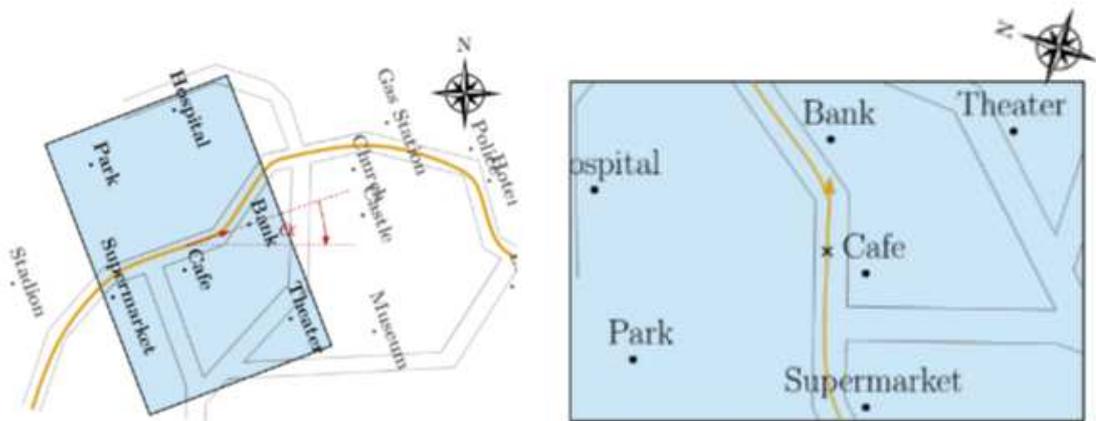
⁷<https://github.com/AndGem/OsmToRoadGraph>

Ebenfalls bei der Streckengenerierung wurden die Fahrrichtungen der Streckensegmente berücksichtigt. Die sogenannten „waypoints“ (in der Abbildung 4.1 durch rosa Punkte dargestellt) zeigen dabei wichtige Details, wie z. B. Kurven oder kleine Kanten im Straßenverlauf auf der Strecke an. Aus diesem Grund werden teilweise starke Kurven (ca. 90 Grad) mit dem nächsten vorhandenen „waypoint“ verbunden, um einen optimaleren Verlauf der Strecke bei der Animation zu erhalten.

Des Weiteren konnte bereits eine Kameraansicht (siehe Abbildung 4.2) dargestellt werden. Dabei wurde um die Szene ein roter Rahmen generiert, welcher zusätzlich den aktuellen Fortschritt auf der Strecke präsentieren soll. Die aktuelle Kameraansicht konnte manuell per Klick auf einen Button „Save Camera View“ exportiert werden.



Abbildung 4.1: TML Framework: Strecke Nr. 5 ohne Optimierung; Screenshot



(a) Kameraansicht bewegt sich über den generierten Streckenverlauf (orange Linie)

(b) Tatsächliche Kameraansicht bei Berücksichtigung einer bestimmten Szene

Abbildung 4.2: Unterschied Kameraansicht in Framework (links) und exportiertes Bild (rechts) [GNN20, S.3]

4.2 Modell

Bei der Erstellung dieses Frameworks lag der Fokus auf der Entwicklung von einem Modell bzw. Algorithmus für die Konfliktberechnung und Platzierung der Bezeichnungen auf einer dynamischen Karte unter Berücksichtigung des möglichen Einflusses durch Zoomen, Schwenken der Karte oder Rotieren der aktuellen Ansicht durch den Benutzer bzw. die Benutzerin. Dabei wurden mögliche Konflikte zwischen mehreren Bezeichnungen in Intervallen repräsentiert. Folgende Intervalle wurden in der aktuellen Kameraansicht unterschieden [GNN20, S. 3ff.]:

- „presence interval“: Die Zeitspanne, wann eine Bezeichnung vorhanden ist, allerdings nicht zwingend sichtbar ist. Wenn eine Bezeichnung in den Sichtbarkeitsbereich der Kameraansicht eintritt, beginnt dieses Intervall. Sobald es diesen Bereich wieder verlässt, endet auch das Intervall.
- „conflict interval“: Sobald sich zwei Bezeichnungen in der Kameraansicht überlappen, startet das Intervall. Wenn sich die beiden Bezeichnungen trennen, endet auch das Intervall.

- „activity interval“: Dieses Intervall beschreibt den Zeitraum, in dem eine Bezeichnung sichtbar ist und nicht in Konflikt mit einer weiteren Bezeichnung steht.

Zusammenfassend kann daher gesagt werden, dass die Platzierung bzw. Sichtbarkeit von Bezeichnungen ein ständiger Wechsel von einer Anzahl von unterschiedlichen Sub-Intervallen ist.

4.2.1 Darstellung

Zu Beginn der Animation werden sämtliche Objekte (engl. points of interests (kurz POI)) auf der Karte dargestellt. Dabei werden die Bezeichnungen mit einem Rechteck umrandet (siehe Abbildung 4.4a) und durch einen gesetzten Mittelpunkt (Ankerpunkt) in der Mitte der Unterkante des Rechtecks auf der Karte platziert. Diese Darstellung, sowohl die Schriftgröße als auch das Rechteck selbst, ändert sich während der Animation zu keinem Zeitpunkt. Die Rotation des Rechtecks inkl. Bezeichnung ändert sich mit der Rotation der gesamten Kameraansicht mit. Damit steht bereits zu Beginn der Animation eine Menge von überlappungsfreien Rechtecken zur Verfügung. Diese Rechtecke werden nach Auswahl des Aktivitätsmodells im TML Framework generiert.

Für jede Beschriftung wird direkt der Zeitpunkt des Eintritts als auch der Zeitpunkt des Austritts in die Kameraansicht berechnet. Zusätzlich werden eventuelle Konflikte mit anderen Beschriftungen errechnet. Dabei werden die zuvor erwähnten Ereignisse in Intervalle transformiert, wodurch bereits im Vorhinein einiges über den Ablauf der Bezeichnung bekannt ist. Auf Interaktionen durch den Benutzer bzw. die Benutzerin oder eigens initiierte Zoomsequenzen muss individuell reagiert werden.

Weitere Details zu der Berechnung der Intervalle und die Definition der Sichtbarkeit der einzelnen Bezeichnungen folgen in den weiteren Unterkapiteln.

4.2.2 Optimierungsprobleme

Es werden zwei Optimierungsprobleme unterschieden [GNN20, S. 7ff.]:

1. „GeneralMaxTotal“ und
2. „k-RestrictedMaxTotal“

Bei dem ersten Problem können beliebig viele Bezeichnungen gleichzeitig aktiv sein, während beim zweiten Problem maximal k Bezeichnungen gleichzeitig aktiv sein dürfen. Für diese Arbeit wurde ausschließlich das „GeneralMaxTotal“ Problem herangezogen.

4.2.3 Aktivitätsmodelle

Zusätzlich wurden drei Aktivitätsmodelle eingeführt, um die Sichtbarkeit und Inaktivität der einzelnen Bezeichnungen besser steuern und verstehen zu können. Dabei wird garantiert, dass die Konsistenzkriterien (vgl. Kapitel 3), z. B. die Bezeichnung darf nicht springen oder flackern, eingehalten werden. Des Weiteren teilen alle drei Modelle AM1, AM2 und AM3 folgende Eigenschaften [GNN13]:

1. Eine Bezeichnung kann nur zu einem bestimmten Zeitpunkt aktiv sein, wenn sie tatsächlich physisch zu diesem Zeitpunkt vorhanden ist. Diese muss nicht zwingend sichtbar sein.
2. Jede vorhandene Bezeichnung hat bei den oben angeführten drei Modellen maximal ein aktives Intervall, um Flackern und Springen zu verhindern.
3. Sobald zwei Bezeichnungen zu einem bestimmten Zeitpunkt in Konflikt stehen, darf maximal eine Bezeichnung angezeigt werden, um Überlappungen zu vermeiden.

Folgende drei Aktivitätsmodelle werden dabei unterschieden:

AM1 Eine Bezeichnung wird aktiv bei Sichtbarkeit in der Kameraansicht und inaktiv, sobald die Bezeichnung die Kameraansicht verlässt. Selbstverständlich ist es auch möglich, dass eine Bezeichnung vollständig inaktiv bleibt.

AM2 Bei diesem Aktivitätsmodell darf die Bezeichnung in der Kameraansicht inaktiv werden, sobald eine weitere Bezeichnung diese überlappen würde.

AM3 Zu AM2 kommt hinzu, dass die Bezeichnung aktiv werden darf, auch wenn sich diese bereits in der Kameraansicht befindet. Voraussetzung ist, dass diese Aktion von einer anderen Bezeichnung verursacht bzw. erzwungen wird.

4.2.4 Integer Linear Programming (ILP)

Für die Einhaltung der definierten Eigenschaften für die Aktivitätsmodelle (siehe Unterkapitel 4.2.3) wurde „Integer Linear Programming“ (dt. Ganzzahlige lineare Optimierung) angewandt. Dabei werden Bedingungen - lineare Gleichungen und Ungleichungen - aufgestellt und implementiert, damit die gewünschten Eigenschaften erfüllt bzw. eingehalten werden. [GNN13, S. 5]. Diese Bedingungen sind bereits in der Implementierung des TML Frameworks integriert und damit werden sämtliche Beschriftungen der Kartendarstellung bei jedem Durchlauf optimiert. Die Kernidee dieser Implementierung ist es, die Intervalle der Beschriftungen in disjunkte Elementarintervalle aufzuteilen. In dieser Arbeit werden für das „GeneralMaxTotal“-Optimierungsproblem mit Berücksichtigung des ausgewählten Aktivitätsmodells diese Elementarintervalle optimal miteinander verknüpft [BNNS16, S.9]. Tatsächlich dargestellte Beschriftungen in der Kameraansicht müssen bei den Aktivitätsmodelle AM1, AM2 und AM3 die nachstehenden Bedingungen (4.1 - 4.6) zu jeder Zeit erfüllen.

Wie in dem Unterkapitel 4.2.1 bereits kurz angeführt, sind einige Berechnungen für die Aktivitätsintervalle der einzelnen Bezeichnungen notwendig. Hierfür wurden Bedingun-

gen und Grenzen definiert, die von den Aktivitätsmodellen AM1, AM2 und AM3 nicht überschritten werden dürfen bzw. eingehalten werden müssen [GNN13, S.5].

$$b_i^\ell = x_i^\ell = e_i^\ell = 0 \quad \forall 1 \leq i \leq |E| \text{ s.t. } \forall [c, d] \in \Psi_\ell : E(i) \cap [c, d] = 0 \quad (4.1)$$

$$\sum_{j \in J} b_j^\ell \leq 1 \text{ and } \sum_{j \in J} e_j^\ell \leq 1 \quad \forall [c, d] \in \Psi_\ell \text{ where } J = \{j \mid E(j) \subseteq [c, d]\} \quad (4.2)$$

$$x_i^\ell + x_i^{\ell'} \leq 1 \quad \forall 1 \leq i \leq |E| \forall [c, d]_{\ell, \ell'} \in C : E(i) \subseteq [c, d] \quad (4.3)$$

$$x_{i-1}^\ell + b_i^\ell = x_i^\ell + e_{i-1}^\ell \quad \forall 1 \leq i \leq |E| \text{ (set } x_0 = e_0 = 0) \quad (4.4)$$

$$b_j^\ell \leq \sum_{\ell' \in X(\ell, j)} x_{j-1}^{\ell'} \quad \forall [c, d]_\ell \in \Psi \forall E(j) \subset [c, d]_\ell \text{ with } c \notin E(j) \quad (4.5)$$

$$e_j^\ell \leq \sum_{\ell' \in Y(\ell, j)} x_{j+1}^{\ell'} \quad \forall [c, d]_\ell \in \Psi \forall E(j) \subset [c, d]_\ell \text{ with } d \notin E(j) \quad (4.6)$$

Folgende Indizes, Variablen und Notationen wurden in den Bedingungen verwendet (vgl. Abbildung 4.3):

- E = Menge aller Endpunkte der „presence“ und „conflict“ Intervalle; E kann dabei auch als Zeitschiene betrachtet werden, welche je nach Aufteilung und Anzahl der Intervalle in mehrere Segmente unterteilt ist. $E(i)$ bedeutet das i -te Segment in der Menge E (siehe Abbildung 4.3).
- ℓ = Eine Beschriftung in der Kartendarstellung
- b_i^ℓ = Nur wenn $E(i)$ das erste Segment des aktiven Intervalls von ℓ ist, wird der Wert auf 1 gesetzt.
- e_i^ℓ = Nur wenn $E(i)$ das letzte Segment des aktiven Intervalls von ℓ ist, wird der Wert auf 1 gesetzt.
- x_i^ℓ = Wenn die Beschriftung während $E(i)$ aktiv ist, wird der Wert auf 1 gesetzt sonst auf 0.

- $[c,d]_\ell$ = Die Beschriftung ℓ mit einem aktiven Intervall beginnt zum Zeitpunkt c und endet zum Zeitpunkt d
- $X(\ell,i)$ = Menge aller Beschriftungen, die mit ℓ im Segment $E(i-1)$ in Konflikt stehen, allerdings nicht im Segment $E(i)$, d.h. die Konflikte enden mit $E(i-1)$.
- $Y(\ell,i)$ = Menge aller Beschriftungen, die mit ℓ im Segment $E(i+1)$ in Konflikt stehen, allerdings nicht im Segment $E(i)$, d.h. die Konflikte beginnen mit $E(i+1)$.
- Ψ = Beinhaltet alle Intervalle der Beschriftungen in denen sie präsent, aber nicht zwingend aktiv sind. Bei einem Änderungsprozess einer oder mehreren Beschriftungen muss das Aktivitätsmodell entsprechend berücksichtigt werden (siehe [GNN13, S.8]).

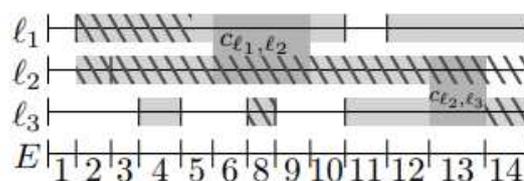


Abbildung 4.3: Darstellung der Menge aller Endpunkte (E) und den drei Beschriftungen ℓ_1 , ℓ_2 und ℓ_3 . Das „presence“ Intervall ist hellgrau, das „activity“ Intervall ist strichliert und das „conflict“ Intervall ist dunkelgrau dargestellt; aus [GNN13, S.5]

Die Bedingungen und Grenzen werden im folgenden Abschnitt textuell beschrieben:

1. Für jede Bezeichnung werden drei binäre Variablen b , x und e mit 0 initialisiert. Damit sind für diese Variablen nur die Werte 0 oder 1 möglich. Dabei erhält die Variable b nur zu Beginn des aktiven Intervalls den Wert 1. Am Ende des aktiven Intervalls wird die Variable e auf 1 gesetzt. Wenn die Bezeichnung aktiv ist wird die Variable x auf 1 gesetzt ansonsten auf 0.
2. Für jede Bezeichnung gilt, dass die Summe aus b und die Summe aus e den Wert 1 nicht übersteigen dürfen. Damit soll ausgeschlossen werden, dass eine Bezeichnung

nach einem beendeten aktiven Intervall erneut in der Kameraansicht erscheinen kann.

3. Zu einem Zeitpunkt i darf die Variable x für beide Bezeichnungen ℓ (1. Bezeichnung) und ℓ' (2. Bezeichnung) addiert nicht den Wert 1 übersteigen. Mit dieser Bedingung können Überlappungen zu einem gewissen Zeitpunkt i von zwei Bezeichnungen ausgeschlossen werden.
4. Eine Bezeichnung ℓ muss entweder aktiv für den Zeitpunkt i bleiben oder das aktive Intervall wird beendet ($e = 1$), wenn zum Zeitpunkt $i-1$ die Bezeichnung aktiv ist. Wenn eine Bezeichnung zum Zeitpunkt i aktiv ist ($x = 1$), dann musste sie bereits zuvor in $i-1$ aktiv gewesen sein oder das aktive Intervall der Bezeichnung ℓ beginnt ($b = 1$).
5. Damit eine Bezeichnung ℓ zu einem Zeitpunkt j aktiv werden kann, muss es zumindest eine Bezeichnung aus einer Menge von Bezeichnungen geben, die mit der Bezeichnung ℓ in Konflikt steht und zum Zeitpunkt $j-1$ aktiv war.
6. Damit eine Bezeichnung ℓ zu einem Zeitpunkt j inaktiv werden kann, muss es zumindest eine Bezeichnung aus einer Menge von Bezeichnungen geben, die mit der Bezeichnung ℓ in Konflikt steht und zum Zeitpunkt $j+1$ weiterhin aktiv ist.

Mit den beiden Bedingungen 5 und 6 kann sichergestellt werden, dass Bezeichnungen, die in Konflikt stehen, entweder inaktiv bzw. aktiv an den jeweiligen Endpunkten der aktiv bzw. inaktiv werdenden Bezeichnung werden. Damit kann zusätzlich ausgeschlossen werden, dass die Aktivität der Bezeichnungen (Wechsel zwischen aktiv und inaktiv) während des Konfliktintervalls wechselt und ein Flackern möglicherweise zustande kommt.

4.3 Erweiterungen

Wie bereits erwähnt wurde als Grundlage das Framework „temporalmaplabeling“ verwendet. Für die Generierung der Videosequenzen für die Nutzerstudie wurden einige

Erweiterungen bzw. Änderungen an dem Framework vorgenommen. Folgende Erweiterungen wurden implementiert:

- Geschwindigkeit

Es wurde ein Eingabefeld für die Berücksichtigung einer einheitlichen Geschwindigkeit auf der gesamten Strecke hinzugefügt. Wenn die Geschwindigkeit auf der Strecke variiert, z. B. von 30 km/h auf 50 km/h zwischen zwei Streckenteilen, kommt es zu einem Zoomverhalten. Dabei wird bei Erhöhung der Geschwindigkeit aus der Strecke gezoomt, und es werden möglicherweise weniger Bezeichnungen als zuvor dargestellt. Bei Verringerung der Geschwindigkeit wird wieder in die Strecke gezoomt. Um bei der Nutzerstudie auch Videosequenzen ohne Zoomverhalten zu generieren, wurde diese manuelle Geschwindigkeitsanpassung implementiert. Damit erhalten alle Teile der generierten Strecke eine einheitliche Geschwindigkeit, und ein Zoomverhalten wird unterbunden. Allerdings variiert aufgrund der vergebenen Geschwindigkeit auch die Schnelligkeit des Fortschritts auf der Strecke. Zum Beispiel dauert bei der Vergabe des Werts 30 als Geschwindigkeit der gesamte Streckendurchlauf länger als bei einem Wert von 50.

- Export der Kameraansicht

Während der Animation, das bedeutet beim Ablauf des Streckenverlaufs, wird bei jedem Fortschritt eine Bildaufnahme der aktuellen Kameraansicht im PNG-Format abgespeichert. Bei einer Kurve wird der Abstand zwischen den Bildaufnahmen halbiert, und dadurch kommen während einer Kurve doppelt so viele Bildaufnahmen zustande wie bei einem geraden Streckenteil. Ansonsten wäre der Kurvenverlauf zu abrupt, und die anschließende Videosequenz aus den generierten Bildaufnahmen würde einer realistischen Auto-Navigation nicht mehr gerecht werden. Die Abbildung 4.4a zeigt die Darstellung der Kameraansicht während der Animation in der GUI des Frameworks. Dabei werden folgende farbliche Darstellungen für die Umrandung der Bezeichnungen unterschieden:

4. FRAMEWORK

- Gelb: Diese Bezeichnungen werden bei der aktuellen Kameraansicht nicht berücksichtigt
- Grün: Diese Bezeichnungen werden bei der exportierten Bildaufnahme dargestellt
- Rot: Diese Bezeichnungen stehen mit grün umrandete Bezeichnungen im Konflikt und werden daher in der exportierten Bildaufnahme nicht dargestellt.

Die Abbildung 4.4b zeigt eine exportierte Bildaufnahme aus der dargestellten Kameraansicht (Abbildung 4.4a). Für die ansprechendere Veranschaulichung der Bildaufnahme wurde ein grauer Hintergrund gesetzt und der tatsächliche Streckenverlauf punktiert dargestellt. Zusätzlich wurde die aktuelle „Autoposition“ bzw. der Fortschritt auf der Strecke mit einem roten Kreis visualisiert.

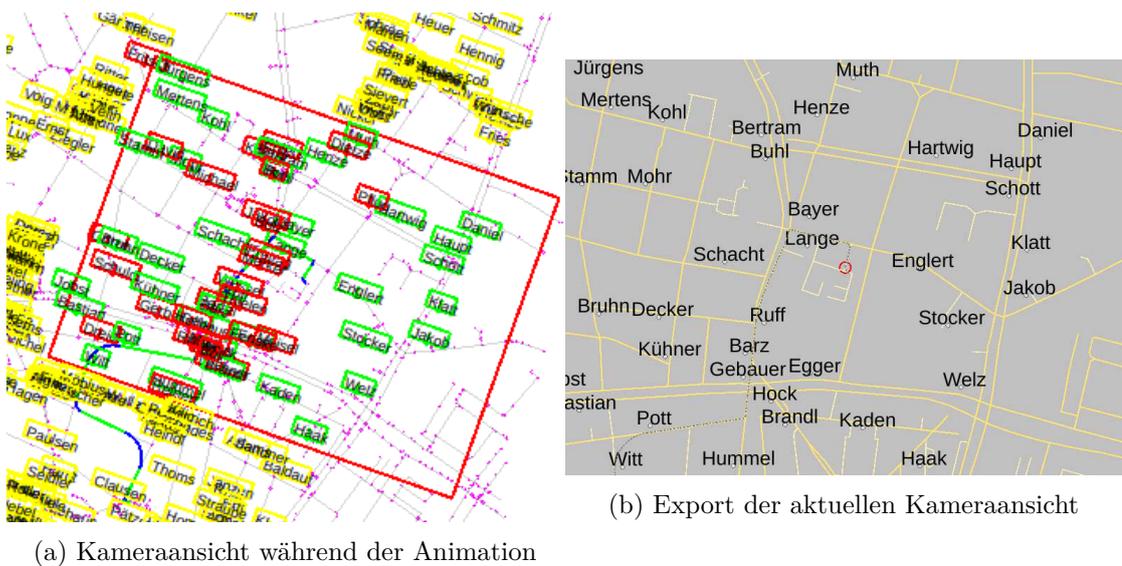


Abbildung 4.4: Kameraansicht während der Animation und nach Export der Kameraansicht; Screenshots

- Aktivitätsmodell „ILP AM4“

Für die Nutzerstudie wurde ein neues Aktivitätsmodell „ILP AM4“ implementiert. Dieses Modell beruht auf AM3, allerdings kann die maximale Anzahl an Vorkommnissen innerhalb einer Kameraansicht über ein Eingabefeld gesteuert werden. Dieses

Eingabefeld wurde auf der grafischen Oberfläche des Frameworks (siehe Abbildung 4.5) implementiert und ermöglicht die maximale Anzahl an Vorkommnissen einer Beschriftung beliebig hoch zu setzen. Durch die Erhöhung der erlaubten Anzahl an Vorkommnissen einer bestimmten Beschriftung in einer Kameraansicht wird absichtlich unerwünschtes Verhalten, wie z. B. plötzliches Erscheinen und Flackern erzwungen. Damit war es möglich, Videosequenzen zu generieren, die tatsächlich mögliche Ablenkungsfaktoren beinhalten.

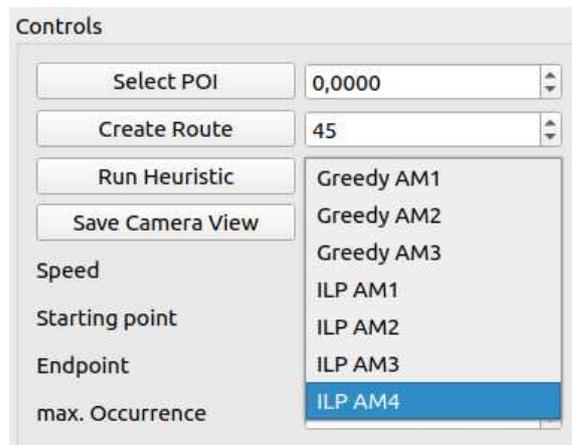


Abbildung 4.5: Zusätzliches Aktivitätsmodell ILP AM4 inkl. ILP AM1, ILP AM2 und ILP AM3; Screenshot

In der Implementierung des Frameworks wurde hierfür die ILP-Bedingung Nr. 2 (siehe Unterkapitel 4.2.4) adaptiert und die maximale Anzahl an Vorkommnissen von 1 auf eine Integer-Variable geändert. Damit kann über ein Eingabefeld auf der Oberfläche ein beliebiger Zahlenwert gesetzt werden. Bei einem zu hohen Wert nimmt allerdings das Flackern und plötzliche Erscheinen von Beschriftungen in der Animation überhand. Aus diesem Grund wurden für die Nutzerstudie die Werte 2 und 3 gewählt, d.h. jede Beschriftung kann maximal zwei- oder dreimal vorkommen. Jedes neue Vorkommen führt zu einem Flacker-Ereignis der Beschriftung in der Videosequenz.

Springen wird in dieser Nutzerstudie nicht untersucht, da die Position einer Beschriftung an einem fixen Punkt relativ zu deren Mittelpunkt (Ankerpunkt) zentriert ist.

Plötzliches Erscheinen ist allerdings für die Aktivitätsmodelle AM2, AM3 und AM4 durchaus möglich, falls zeitgleich ein Konflikt beendet wird. Bei AM1 wird eine Beschriftung nur aktiv und inaktiv beim Eintreten oder Verlassen der Kameraansicht. In der Nutzerstudie wird der Einfluss der beiden Störeffekte Flackern und plötzliches Erscheinen näher betrachtet und ausgewertet.

Nutzerstudie

Es stellte sich zu Beginn die Frage, wie ein Test aufgebaut sein sollte, um zu messen, ob ein gewisser Einfluss, z. B. das Flackern einer Beschriftung, die Aufmerksamkeit des Anwenders bzw. der Anwenderin beeinträchtigt. Angenommen man verwendet ein Navigationssystem in einem Auto. In diesem Fall wäre es sehr kontraproduktiv, wenn die angezeigten Beschriftungen in einer Kurve mehrfach ein- und ausgeblendet werden und eventuell durch diese Darstellung der Autofahrer bzw. die Autofahrerin während der Fahrt abgelenkt wird. Daher wurden in der Literatur bereits verschiedenste Optimierungsalgorithmen (siehe Kapitel 2 und Kapitel 4) entwickelt, um das oben genannte Szenario weitestgehend zu verhindern. Der Grad dieser Optimierung durch die Algorithmen hängt auch von der Anzahl der angezeigten Beschriftungen zur gleichen Zeit ab.

Um diesen Aspekt und die Forschungsfrage neben der bereits vorhandenen Literatur näher zu untersuchen, wurde als Methodik die Durchführung einer Nutzerstudie gewählt. Da vor allem Visualisierungen untersucht und getestet werden sollen, ist die Nutzerstudie hierfür die beste Methode. Konkret wird bei dieser Nutzerstudie untersucht, ob die Konsistenzkriterien *Flackern beim Zoomen (D1)* und *Springen (D2)* (siehe Kapitel 3) Einfluss auf die Nutzeraufmerksamkeit während des Abspielens einer Videosequenz haben.

In diesem Kapitel werden zunächst die Überlegungen, die zu dem Aufbau der Nutzerstudie geführt haben, vorgestellt. Danach wird auf die technische und die organisatorische Realisierung der Nutzerstudie näher eingegangen.

5.1 Erstellung eines Entwurfs

Bevor eine Nutzerstudie erstellt werden kann, muss genauestens überlegt werden, welche Auswertungen aus der Nutzerstudie getroffen werden sollen und wie hierfür die beste Umsetzung erfolgen soll. Dieses Unterkapitel befasst sich mit der genaueren Beschreibung, welche Überlegungen und Maßnahmen schlussendlich zu dem Aufbau der durchgeführten Nutzerstudie geführt haben.

In dem Buch „Experimental Human-Computer Interaction“ [Pur12] wird genau beschrieben, wie die Definition eines Aufbaus aussehen soll und welche Elemente zwingend in einer Nutzerstudie vorkommen müssen. Es folgt nun eine Aufzählung und genaue Erklärung dieser Begriffe.

Zustände (engl. conditions) Allgemein werden unter Zustände verschiedene Darstellungsmöglichkeiten verstanden, die schlussendlich verglichen werden. Der Überbegriff aus zumindest zwei Zuständen wird *unabhängige Variable* genannt. Die unabhängige Variable sollte in einem Experiment am besten auf jede einzelne Aufgabe zutreffen. Dabei ist es unerheblich, ob der Anwender bzw. die Anwenderin diese Zustände auch bewusst wahrnimmt. Diese Zustände sollen am Ende des Experiments miteinander verglichen werden können.

Es soll festgestellt werden, welcher Zustand mehr oder weniger Einfluss hatte. Beispielsweise kann hierfür ein Experiment für das Weiterblättern einer Seite auf einem Tablet herangezogen werden. Es könnten für einen anschließenden Vergleich die Zustände „touch“, „horizontal“ und „vertikal“ definiert werden. Damit kann ermittelt werden, welche Zustände insgesamt beliebter bei den Anwendern bzw. Anwenderinnen für das Weiterblättern einer Seite waren. [Pur12, S. 10]

Eine Videosequenz kann ein Zoomverhalten während dem Streckenablauf aufweisen, wiederum kann eine andere Videosequenz kein Zoomverhalten haben. Des Weiteren kann eine Videosequenz vollständig flackerfrei sein, jedoch eine andere Videosequenz kann wiederum verschiedene Beschriftungen beinhalten, die einen Flacker-Effekt aufweisen.

Für die Nutzerstudie wurden die beiden Aktivitätsmodelle „AM3“ und „AM4“ verwendet. Wie zuvor in dem Unterkapitel 4.2.3 beschrieben gilt für das Aktivitätsmodell „AM3“, dass eine Bezeichnung aktiv und inaktiv werden darf, auch wenn sich diese bereits in der Kameraansicht befindet. Die Bezeichnung darf jedoch nicht mit einer anderen Beschriftung in Konflikt stehen, denn dann wird sie nicht angezeigt. Grundsätzlich gilt, dass zwei Bezeichnungen an der selben Position zum gleichen Zeitpunkt nicht gleichzeitig aktiv sein dürfen. Damit soll ausgeschlossen werden, dass es zu Überlappungen bzw. Sprünge kommen kann. Normalerweise ist die Anzahl der maximalen Vorkommnisse zu einem gewissen Zeitpunkt und an einer Position mit eins beschränkt.

Mit dem neuen Aktivitätsmodell „AM4“ ist es möglich diese Zahl der maximalen Vorkommnisse beliebig hoch zu setzen. Damit werden absichtlich unerwünschte Störeffekte, wie plötzliches Erscheinen und Flackern, hervorgerufen, welche durch „AM3“ weitestgehend vermieden werden.

In der Tabelle 5.1 werden die verwendeten Zustände für die Videosequenzen in der Nutzerstudie definiert. *Maximales Vorkommen* (max. Vorkommen) bezeichnet dabei die Anzahl der möglichen Aktivitätsintervalle. Darunter wird verstanden wie oft eine Bezeichnung maximal in der Karte erscheinen darf. Damit soll ermöglicht werden, das plötzliches Erscheinen einer Beschriftung und/oder Flackern absichtlich hervorgerufen werden, um diesen Zustand explizit in der Nutzerstudie zu hinterfragen.

In allen drei Aufgaben werden Videosequenzen generiert, die die obengenannten Zustände erfüllen. Nach Berücksichtigung der definierten Zustände kann als *unabhängige Variable* „mögliche Störeffekte auf die Nutzeraufmerksamkeit“ definiert werden.

| Nr. | Aktivitätsmodell | max. Vorkommen | Zoomverhalten |
|-----|------------------|----------------|---------------|
| 1 | AM3 | 1 | ja |
| 2 | AM4 | 2 | ja |
| 3 | AM4 | 3 | ja |
| 4 | AM3 | 1 | nein |
| 5 | AM4 | 2 | nein |
| 6 | AM4 | 3 | nein |

Tabelle 5.1: Verwendete Zustände in der Nutzerstudie

Nebeneffekte Bei der Durchführung einer Nutzerstudie können womöglich Nebeneffekte entstehen. Hierbei sind nicht vordergründig Einflüsse direkt in der Umgebung gemeint, sondern auch das persönliche Empfinden und eventuell bestimmtes Vorwissen können auf die Aufgaben Einfluss nehmen. Diese möglichen Nebeneffekte müssen bei der anschließenden Auswertung der Nutzerstudie so gut wie möglich berücksichtigt werden. [Pur12, S.15ff]

Selbstverständlich kann das persönliche Empfinden eines Anwenders bzw. einer Anwenderin nicht kontrolliert werden. Doch mit absichtlich eingebauten Pausen wurde versucht, die Aufmerksamkeit weitestgehend aufrecht zu halten. Das Vorwissen wurde zu Beginn bei der Beantwortung von persönlichen Fragen zu der Verwendung von Navigationssystemen im Alltag und durch die Fragestellung, ob Videospiele häufiger gespielt werden, abgefragt. Dadurch besteht womöglich ein Vorteil in Bezug auf die Konzentration auf Videosequenzen. Durch diese Angaben kann nachträglich besser ausgewertet werden, ob Vorwissen in diesen Bereichen eventuell Einfluss auf die Durchführung der Aufgaben genommen hat.

Generalisierung Die Generalisierung ist ein wichtiges Kriterium für die Qualität des Experiments. Die einzelnen Aufgaben sollen zwar spezifisch auf die Nutzer und Nutzerinnen und für den Umfang des Experiments konstruiert werden. Allerdings ist darauf zu achten, dass die durchgeführten Aufgaben und deren Ergebnisse eine generelle Aussage womöglich auf eine weitgefächerte Nutzergruppe zulässt.

Eventuell könnten die Ergebnisse des Experiments und die damit verbundenen Entwicklungen schlussendlich Einfluss auf die Gesamtbevölkerung nehmen [Pur12, S.16ff].

In einer Nutzerstudie ist es oftmals nicht möglich ein großes Spektrum an möglichen verschiedenen Personen abzudecken, daher ist es entscheidend den Aufbau der Aufgaben nicht zu stark einzuschränken. Es muss beachtet werden, dass die Aufgaben repräsentative Ergebnisse für mögliche weitere Schritte liefern sollen. Abschließend ist noch zu erwähnen, dass die Nutzer und Nutzerinnen in Bezug auf Alter und Bildung homogen sein sollten, damit eine allgemeine Aussage zu einer bestimmten Zielgruppe getätigt werden kann. [Pur12, S.17ff.]

Objekte (engl. experimental objects) Das Objekt ist die tatsächliche Präsentation der abstrakten Idee für die Studienteilnehmer und die Studienteilnehmerinnen. Die Objekte dürfen dabei nicht zu unterschiedlich sein, damit die anschließende Generalisierung durchgeführt werden kann. Sollten die Objekte in ihrem Umfang zu verschieden sein, müsste die Auswertung individuell auf jedem Objekt basieren und eine allgemeine Generalisierung ist damit nicht mehr möglich. Objekte werden nur einmal dem Teilnehmer bzw. der Teilnehmerin in der Nutzerstudie gezeigt. [Pur12, S.18ff.]

In dieser Nutzerstudie wurden insgesamt acht experimentelle Objekte verwendet (siehe Tabelle 5.2). Diese Objekte beschreiben die Strecken, die in den Videosequenzen abgebildet wurden. Die Nummer der Strecke beschreibt dabei die Eingabe in das Feld „Create Route“ (siehe Abbildung 4.5). Wie in Unterkapitel 4.1 bereits beschrieben, generiert das Framework in der eingelesenen OpenStreetMap-Karte eine Strecke. Für die Tutorialaufgaben wurde immer die gleiche Strecke mit der Nummer „16“ für die Generierung der Videosequenzen herangezogen.

Stimulus Die Kombination eines **Objekts** mit einem **Zustand** wird Stimulus genannt. [Pur12, S.23] Die genaue Generierung der Stimuli wird näher im Unterkapitel 5.2 beschrieben. In der Tabelle 5.3 sind die verwendeten Stimuli für die Nutzerstudie aufgelistet.

| Nr. | Strecke-Nr. |
|-----|-------------|
| 1 | 45 |
| 2 | 49 |
| 3 | 55 |
| 4 | 57 |
| 5 | 58 |
| 6 | 73 |
| 7 | 79 |
| 8 | 92 |

Tabelle 5.2: Verwendete experimentelle Objekte in der Nutzerstudie

| Aufgabe-Nr. | Modell | max. Vorkommen | Zoom | Strecke-Nr. |
|-------------|--------|----------------|------|-------------|
| 1 | AM3 | 1 | ja | 45 |
| 1 | AM4 | 2 | ja | 45 |
| 1 | AM4 | 3 | ja | 45 |
| 1 | AM3 | 1 | nein | 45 |
| 1 | AM4 | 2 | nein | 45 |
| 1 | AM4 | 3 | nein | 45 |
| 2 | AM3 | 1 | ja | 55 |
| 2 | AM4 | 2 | ja | 57 |
| 2 | AM4 | 3 | ja | 73 |
| 2 | AM3 | 1 | nein | 49 |
| 2 | AM4 | 2 | nein | 58 |
| 2 | AM4 | 3 | nein | 79 |
| 3 | AM3 | 1 | ja | 92 |
| 3 | AM4 | 2 | ja | 92 |
| 3 | AM4 | 3 | ja | 92 |
| 3 | AM3 | 1 | nein | 92 |
| 3 | AM4 | 2 | nein | 92 |
| 3 | AM4 | 3 | nein | 92 |

Tabelle 5.3: Generierte Stimuli für die Nutzerstudie

Aufgaben (engl. experimental tasks) Dabei handelt es sich um die tatsächliche Aufgabenstellung, die der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin mit dem angezeigten Stimulus beantworten soll. Hierbei sind wiederum einige Bedingungen zu erfüllen [Pur12, S.29]:

- Für die Lösung der Aufgabe muss der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin den

Stimulus verwenden. Denn reines Vorwissen darf nicht zur richtigen Lösung führen.

- Sämtliche Aspekte des Stimulus müssen beachtet werden, damit die Aufgaben richtig gelöst werden können. Wenn manche Aspekte für die Lösung reichen, darf keine allgemeine Aussage getroffen werden.
- Es sollte eine Auswahl an verschiedenen Antwortmöglichkeiten geben, damit kein Muster zu erkennen ist.
- Eine eindeutige und klare Beschreibung der Aufgabenstellung soll vor Verwirrung und dadurch vor einer möglicherweise falschen Antwort schützen.
- Das Auswahlverfahren der Antwortmöglichkeiten sollte leicht und verständlich sein. Manuelle Eingaben über die Tastatur sollten vermieden werden, da so die Antworten verschieden ausfallen könnten.
- Der Schwierigkeitsgrad der Aufgaben sollte fordernd sein aber nicht überfordernd.

Insgesamt gibt es in der Nutzerstudie drei Hauptaufgaben:

- 1. Aufgabe: **Namen auf Strecke erkennen** und drei aus sechs Antwortmöglichkeiten auswählen
- 2. Aufgabe: **Strecke merken** und die Sequenz von Links- und Rechtskurven angeben
- 3. Aufgabe: **Reihenfolge merken** und aus vier Varianten mit jeweils drei Namen (Beschriftungen) eine Variante auswählen

Zusammenfassend sind für diese Nutzerstudie sechs Zustände, acht Objekte und drei Aufgaben definiert. Wie in der Tabelle 5.3 gut ersichtlich wurde innerhalb der ersten und dritten Aufgabe für jede Unteraufgabe die selbe Strecke verwendet. Nur bei der 2. Aufgabe hat die Strecke (Objekt) variiert, da bei dieser Aufgabe konkret der Streckenverlauf erfragt wurde. Insgesamt kamen somit 18 Unteraufgabe für die Nutzerstudie zustande mit Berücksichtigung der verschiedenen Zustände (siehe Tabelle 5.1).

5.2 Generierung der Stimuli

Nachdem die Erstellung des Entwurfs abgeschlossen war, ging es um die Generierung der Stimuli. Das Framework wurde an die Anforderungen entsprechend angepasst (siehe Kapitel 4). Dieses wurde vordergründig für die Optimierung der Beschriftungen entwickelt, um unerwünschtes Verhalten, wie z. B. Flackern, zu vermeiden.

5.2.1 OpenstreetMap Karte

Für das Straßennetz und die Beschriftungen wurde ein Kartenausschnitt von OpenStreetMap¹ genutzt. Ursprünglich enthält der Export der Karte aus OpenStreetMap verschiedene Beschriftungen von z. B. Restaurants oder Sehenswürdigkeiten. Bei dem Export handelt es sich um einen XML-Aufbau und dieser wird mit der Endung „OSM“ abgespeichert. Als Kartendarstellung wurde ein Ausschnitt aus dem Zentrum von Berlin ausgewählt.

5.2.2 Umstellung der Beschriftungen

Für die einzelnen Aufgaben in der Nutzerstudie wurden für die Umstellung der Beschriftungen zwei Listen erstellt. In den Videosequenzen der Tutorialaufgaben kamen nur Ortschaftsnamen zur Anzeige, und für die tatsächlichen Aufgaben wurde eine Liste mit den 3000 häufigsten Nachnamen herangezogen. Dabei haben die Ortschaftsnamen als auch die Nachnamen eine maximale Länge von zehn Zeichen. Diese Umstellung soll gewährleisten, dass die Beschriftung leichter zu merken ist, als z. B. Restaurantnamen. Für die Tutorialaufgaben wurde absichtlich eine andere Datei gewählt, um einen möglichen Lerneffekt zu den tatsächlichen Aufgaben zu vermeiden.

Für die Umstellung der ursprünglichen Beschriftungen nach dem Export von OpenStreetMap auf die gewünschten Bezeichnungen wurde ein Programm entwickelt, um diesen Vorgang schnell abzuwickeln. Dieses Programm (siehe Abbildung 5.1) wurde in der Programmiersprache Delphi entwickelt und ermöglicht es, sämtliche Beschriftungen

¹<https://www.openstreetmap.org/>

der OSM-Datei (Export aus OpenStreetMap) auf die gewünschten Einträge einer Excel-Datei zu ersetzen. Nach erfolgreicher Durchführung wird eine neue OSM-Datei generiert. Zusätzlich wurde ein Eingabefeld „Index von“ implementiert, um in der Excel-Datei den Startindex unterschiedlich zu definieren. Damit war es möglich, für jede Aufgabe verschiedene Beschriftungen mit der gleichen Excel-Datei zu generieren.

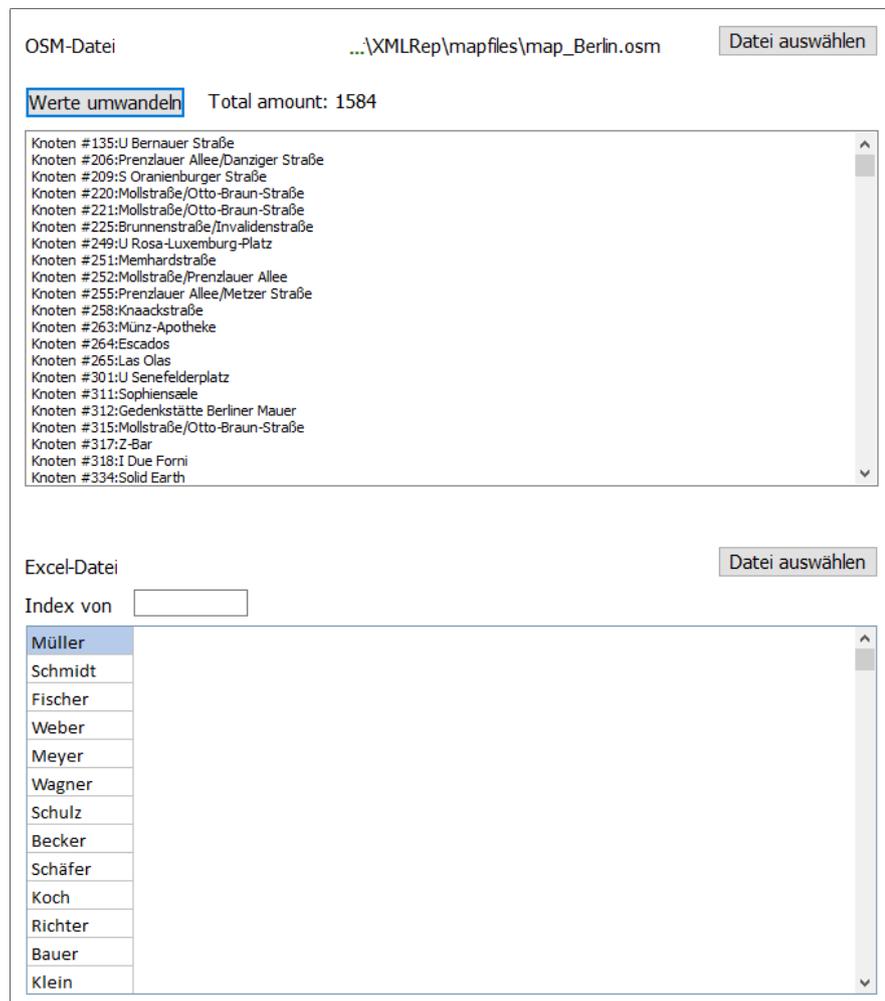


Abbildung 5.1: Programm für die Umstellung der Beschriftungen in den Stimuli; Screenshot

5.2.3 Umwandlung

Bei der Umwandlung wird die gesamte OSM-Datei vom Programm durchlaufen. Dabei wird explizit nach Knoten mit Beschriftungen gesucht, und mit dem nächsten freien Eintrag aus der Excel-Datei ersetzt. Insgesamt wurden bei der OSM-Datei „mapBerlin.osm“ eine Gesamtanzahl von 1584 Knoten ersetzt. Die umgewandelten OSM-Dateien mit verschiedene Ortschaftsnamen und Nachnamen wurden anschließend im Framework eingelesen, und damit hatte jede Videosequenz unterschiedliche Beschriftungen.

5.2.4 Videosequenz

Die generierte Videosequenz (Stimuli) war für jeden Teilnehmer bzw. jede Teilnehmerin ident. Wie bereits im Kapitel 5.1 beschrieben, wurden verschiedene Objekte (Strecken) und Zustände für die Generierung der Stimuli herangezogen. Die Videosequenzen wurden für jede Unteraufgaben einmalig generiert und in die Nutzerstudie (Webapplikation) integriert. Die Auswahlmöglichkeiten (außer bei Aufgabe 2) waren ebenfalls fester Bestandteil der Webapplikation und die Werte wurden immer gleich aus der Datenbank angezeigt. Damit konnte gewährleistet werden, dass jeder Teilnehmer bzw. jede Teilnehmerin

- die gleichen Videosequenzen,
- die gleiche Reihenfolge der Beschriftungen und
- die selben Beschriftungen

in der durchzuführenden Nutzerstudie vorfindet. Bei Aufgabe 2 bleibt die Eingabe durch die beiden Buttons „Linkskurve hinzufügen“ oder „Rechtskurve hinzufügen“ variable.

5.3 Webapplikation

Nach der Generierung der einzelnen Stimuli für die drei Aufgaben wurde als Visualisierungsmethode eine Webapplikation erstellt. Eine Webapplikation bietet den großen Vorteil, dass die Ausführung in jedem gängigen Browser möglich ist und daher eine direkte Installation auf dem Computer nicht notwendig ist.

Bei der Webapplikation galt als oberstes Gebot, dass der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin für die Interaktion mit der Applikation keine Vorkenntnisse benötigt. Durch einen schlichten und einfachen Aufbau der Benutzeroberfläche wurde versucht eine intuitive Bedienbarkeit zu gewährleisten, damit der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin so den Fokus auf die tatsächliche Aufgabe legen kann.

Des Weiteren wurde bei der Gestaltung der Aufgaben auf die Verwendung der Tastatur (vgl. Pkt. 5 des Unterkapitels 5.1 Absatz Aufgaben) während der Nutzerstudie verzichtet. Außer bei der optionalen Feedback Vergabe im letzten Schritt der Nutzerstudie, wird für die Durchführung der Nutzerstudie nur die Maus benötigt. Da die Aufgaben durch Multiple Choice Antworten in Aufgabe 1 bzw. Single Choice Auswahlmöglichkeit in Aufgabe 3 oder durch Klick auf einen Button vorgegeben sind, können schlussendlich die Aufgaben besser ausgewertet werden, da keine individuellen Eingaben berücksichtigt werden müssen. Somit können mögliche Schreibfehler und/oder verschiedene Formulierungen ausgeschlossen werden.

Bei dieser Webapplikation handelt es sich um eine PHP-Seite basierend auf dem Bootstrap-Framework². Die Struktur der erstellten Anwendung ist dabei wie folgt (siehe Abbildung 5.2):

- Startseite - Persönliche Fragen
- Tutorial zum Kennenlernen der Aufgaben
- Anzeige der 1. Aufgabe (6 Unteraufgaben)

²<https://getbootstrap.com/> (Zugriff: 26.04.2020)

- Anzeige der 2. Aufgabe (6 Unteraufgaben)
- Anzeige der 3. Aufgabe (6 Unteraufgaben)
- Auswertung und Abschlusseite

Die Steuerung der einzelnen Anzeigen wird dabei über die index.php bewerkstelligt. Diese überprüft zu Beginn, ob eine PersonID vergeben ist. Diese PersonID identifiziert den Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin eindeutig, und sämtliche gegebenen Antworten werden zu dieser PersonID in der mySQL-DB gespeichert. Solange keine vergebene PersonID vorhanden ist, wird ausschließlich die startpage.php angezeigt, bis der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin sämtliche persönlichen Angaben getätigt hat und den Weiter-Button geklickt hat. Zu diesem Zeitpunkt wird eine aktive Markierung der Einverständniserklärung-Checkbox überprüft und bei positiver Rückmeldung eine PersonID vergeben. Ansonsten verbleibt der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin auf der Startseite.

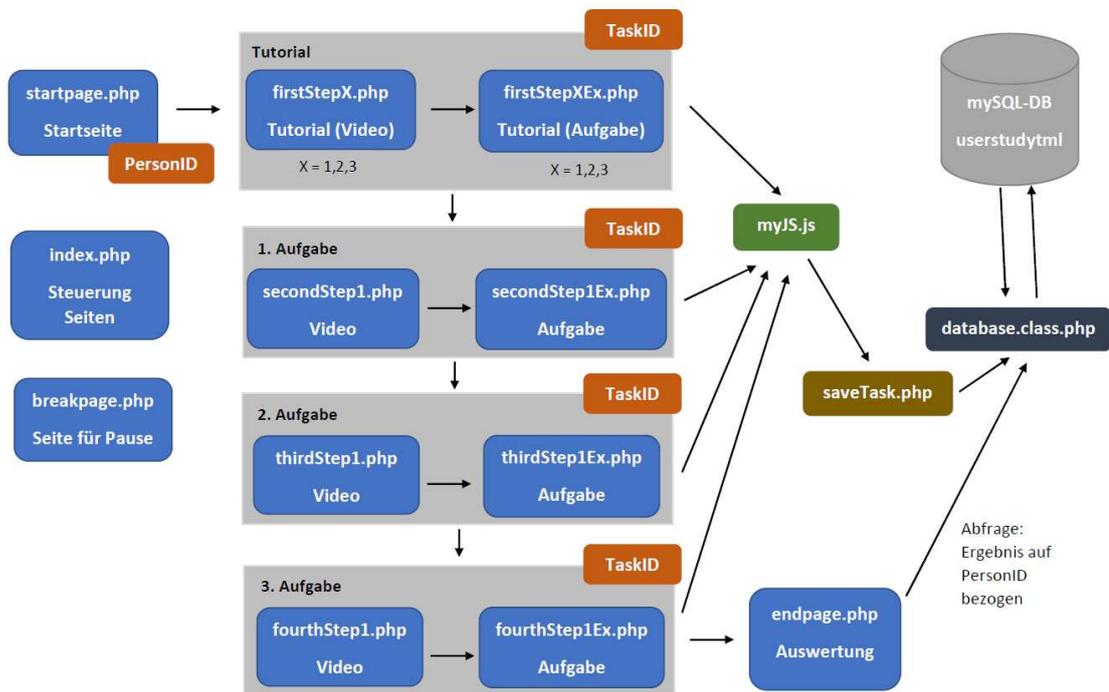


Abbildung 5.2: Struktur der Webapplikation

5.3.1 Startseite

Zu Beginn der Nutzerstudie werden persönliche Fragen zu den Vorkenntnissen über Navigationssysteme und Videospiele gestellt, um näher zu überprüfen, ob mehr Erfahrung am Ende der Nutzerstudie bessere Ergebnisse liefern. In Abbildung 5.3 ist diese Ansicht dargestellt. Dabei werden folgende Fragen zu der eigenen Person gestellt:

- **Alter** (Auswahlmöglichkeiten: < 19, 20 - 25, 26 - 30 und > 30)
- **Geschlecht** (Auswahlmöglichkeiten: weiblich, männlich und divers)
- **Wie oft spielen Sie Videospiele?** (Auswahlmöglichkeiten: täglich, mehrmals in der Woche, 1-2 mal im Monat, nie)
- **Haben Sie bereits ein Navigationssystem verwendet?** (Auswahlmöglichkeiten: ja oder nein)
- **Wie oft verwenden Sie ein Navigationssystem?** (Auswahlmöglichkeiten: täglich, mehrmals in der Woche, selten, nie)
- **Welches Navigationssystem verwenden Sie am meisten?** (Auswahlmöglichkeiten: Handy, eingebautes Autonavi, variables Autonavi, keines)
- **Einverständniserklärung:** Am Ende muss der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin einwilligen, dass die Angaben wahrheitsgetreu sind und die eventuellen gesundheitlichen Risiken in Bezug auf die Nutzerstudie verstanden wurden.

Sobald der Weiter-Button geklickt wurde und eine Markierung der Einverständniserklärung-Checkbox vorhanden ist, wird der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin zu den Erkläraufgaben im Tutorial weitergeleitet. Zu diesem Zeitpunkt wird eine PersonID vergeben, wodurch die Speicherung der weiteren Angaben eindeutig zugeordnet werden können. Weitere Details zur Speicherung folgen im Unterkapitel 5.4.

Herzlich willkommen!

Bei dieser Nutzerstudie wird eine Evaluierung der Nutzer-Aufmerksamkeit für dynamische Kartenbeschriftung näher betrachtet.

Zu beachten:

1. Bitte füllen Sie die Angaben zu Ihrer Person wahrheitsgetreu aus.
2. Lesen Sie die Aufgabenbeschreibungen mit Sorgfalt durch und bearbeiten Sie die einzelnen Aufgaben gewissenhaft.
3. Am Ende wartet ein Feedback-Bogen auf Sie. Bitte geben Sie hier Ihre tatsächlichen Eindrücke und konstruktive Kritik an.

Sämtliche Angaben zu Ihrer Person und die erfassten Daten während der Nutzerstudie werden streng anonym behandelt und dienen ausschließlich für statistische Auswertungen.

Bei einem sehr kleinen Prozentsatz von Menschen können Anfälle auftreten, wenn sie bestimmten visuellen Reizen ausgesetzt sind z. B. aufblitzende Lichter oder Muster. Menschen, die keine Vorgeschichte von Anfällen oder Epilepsie haben, können ein nicht diagnostiziertes Leiden haben, das beim Anschauen von Videos zu diesen "photosensitiven epileptischen Anfällen" führt.
Mögliche Symptome: Schwindelgefühl, veränderte Wahrnehmung, Augen- oder Muskelzucken uvm.

Stellen Sie eines dieser Symptome oder generelles Unwohlsein bei Ihnen fest, beenden Sie bitte sofort die Nutzerstudie!

Alter < 19 20 - 25 26 - 30 > 30

Geschlecht weiblich männlich divers

Wie oft spielen Sie Videospiele? täglich mehrmals in der Woche 1-2 mal im Monat nie

Haben Sie bereits ein Navigationssystem verwendet? ja nein

Wie oft verwenden Sie ein Navigationssystem? täglich mehrmals in der Woche selten nie

Welches Navigationssystem verwenden Sie am meisten? Handy eingebautes Autonavi variables Autonavi keines

Sie haben den Ablauf sowie die Risiken verstanden und die Angaben zu Ihrer Person wurden wahrheitsgetreu ausgefüllt.

WEITER

Abbildung 5.3: Startseite der Nutzerstudie; Screenshot aus Nutzerstudie

5.3.2 Tutorial

Diese Beispielaufgaben sollen helfen ein Verständnis für die Aufgabenstellungen zu entwickeln, um auf die folgenden Aufgaben vorbereitet zu sein. In diesem Tutorial werden drei Aufgaben vorgestellt. Die Aufgabenstellungen entsprechen auch diesen in den Hauptaufgaben.

Nur die Stimuli (Videsequenz) und damit auch die Antwortmöglichkeiten sowie die richtigen Antworten sind verschieden. Dadurch soll ein Lerneffekt ausgeschlossen werden und der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin steht bei jeder Aufgabe vor einer neuen Herausforderung.

- **Aufgabe Nr. 1:** Namen auf der Strecke merken (Abbildung 5.4 + Abbildung 5.5)
Es wird eine Videosequenz mit einer Dauer von ca. 30 Sekunden vorgespielt und im Anschluss stehen sechs Antwortmöglichkeiten in Form von Checkboxen zur Verfügung. Der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin soll sich hier Namen der Beschriftungen direkt auf der Strecke, welche maximal 1 cm von der strichlierten Linie entfernt sind, merken und im Anschluss drei aus sechs Antwortmöglichkeiten auswählen.

TUTORIAL - Aufgabe Nr. 1

Diese Aufgaben dienen nur zum besseren Verständnis und werden nicht statistisch ausgewertet!

Verfolgen Sie den roten Kreis auf der Strecke und versuchen Sie sich so viele Namen wie möglich zu merken. "Namen" sind dabei die Bezeichnungen, die sich auf beiden Seiten ca. 1 cm von der Strecke (strichlierte Linie) befinden.

Ablauf:

1. Es wird Ihnen ein Video gezeigt.
2. Nach Ablauf des Videos wird ein Button "Zur Aufgabe" eingeblendet. Bei Klick auf diesen Button, wechselt die Ansicht.
3. Es werden 3 richtige und 3 falsche Antwortmöglichkeiten angezeigt.



Abbildung 5.4: Tutorial Aufgabe Nr. 1 der Nutzerstudie; Screenshot aus Nutzerstudie

- **Aufgabe Nr. 2:** Strecke merken (Abbildung 5.6 + Abbildung 5.7)
Es wird eine Videosequenz mit einer Dauer von ca. 30 Sekunden vorgespielt, und im Anschluss stehen drei Buttons zur Verfügung. Bei dieser Aufgabe ist vom

Tutorial - Aufgabe Nr. 1

Bitte wählen Sie drei Namen aus, die Sie in der Karte gesehen haben!

Hart Rauth

Gurina Mellweg

Bach Müllnern

AUFGABE ABSCHLIESSEN

Abbildung 5.5: Tutorial Aufgabe Nr. 1 inkl. Antwortmöglichkeiten der Nutzerstudie; Screenshot aus Nutzerstudie

Streckenverlauf die korrekte Reihenfolge der Links- und Rechtskurven von der gezeigten Videosequenz wiederzugeben. Um die Eingabe via Tastatur zu vermeiden, wird zwar ein Eingabefeld angezeigt, allerdings kann die Eingabe nur über die beiden Buttons „Linkskurve hinzufügen“ und „Rechtskurve hinzufügen“ gesteuert werden. Dabei wird beispielweise nach dem Klick auf „Linkskurve hinzufügen“ der Text „L“ in das Eingabefeld eingefügt. Eine Fehleingabe kann über den Button „Letzten Eintrag entfernen“ aus dem Eingabefeld gelöscht werden. Damit ist keine Eingabe über die Tastatur notwendig und möglich.

- **Aufgabe Nr. 3:** Reihenfolge merken (Abbildung 5.8 + Abbildung 5.9)
Darstellung einer Videosequenz mit einer Dauer von ca. 30 Sekunden. Ähnlich zu Aufgabe 1 soll sich der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin die Namen der Beschriftungen direkt auf der Strecke (max. 1 cm von der strichlierten Linie entfernt) merken. Allerdings ist dabei die Reihenfolge der Beschriftungen in der Videosequenz gefragt. Im Anschluss stehen vier unterschiedliche Optionen, welche über eine Checkbox ausgewählt werden können, zur Verfügung. Dabei beinhaltet eine richtige Variante drei Namen (Beschriftungen), die in der angegebenen Reihenfolge in der Videosequenz vorgekommen sind.

Die Tutorialaufgaben können bei falscher Beantwortung wiederholt oder zu der nächsten Aufgabe gewechselt werden. Damit soll gewährleistet werden, dass der Teilnehmer bzw. die

Tutorial - Aufgabe Nr. 2

Verfolgen Sie den roten Kreis auf der Strecke (strichlierte Linie) und versuchen Sie sich den Streckenverlauf so gut wie möglich zu merken. Dabei explizit auf die Richtung (links bzw. rechts) der Abbiegevorgänge achten. Eine Kurve hat einen Mindestwinkel von 70 Grad. Dabei nur die tatsächlich gefahrene Strecke beachten. Kurven, die nur teilweise in der Animation befahren werden, zählen ebenfalls zum Streckenkurs.

Ablauf:

1. Es wird Ihnen ein Video gezeigt.
2. Nach Ablauf des Videos wird ein Button "Zur Aufgabe" eingeblendet. Bei Klick auf diesen Button, wechselt die Ansicht.
3. Mit den Button "Linkskurve hinzufügen" und "Rechtskurve hinzufügen" können Sie den Streckenverlauf nachbilden.



Abbildung 5.6: Tutorial Aufgabe Nr. 2 der Nutzerstudie; Screenshot aus Nutzerstudie

Teilnehmerin die falsche Aufgabe wiederholen kann, aber nicht muss. Bei Wiederholung wird die Aufgabenstellung als auch die Videosequenz erneut angezeigt.

Bei den Tutorialaufgaben ist es wichtig die Aufgabenstellung richtig zu verstehen, damit Verständnisprobleme in den Hauptaufgaben ausgeschlossen werden können. Allerdings war die „Ausstiegsmöglichkeit“ ebenfalls für die Entwicklung wichtig, damit der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin nicht in einer Endlosschleife hängen bleibt und tatsächlich aussteigen kann, falls es sich möglicherweise nur um eine falsche Antwort gehandelt hat, aber nicht um ein Verständnisproblem.

Für die Tutorialaufgaben wurden eigene Stimuli erstellt. Wie bereits zuvor im Unterpunkt 5.2 genauer beschrieben wurden hierfür zwei Arten von Beschriftungen gewählt.

TUTORIAL - Aufgabe Nr. 2

Abbildung 5.7: Tutorial Aufgabe Nr. 2 inkl. Antwortvergabe der Nutzerstudie; Screenshot aus Nutzerstudie

Für die Tutorialaufgaben wurden Ortsbezeichnungen herangezogen und für die tatsächlichen Aufgaben in der Nutzerstudie wurden für die Videosequenzen ausschließlich Nachnamen verwendet. Damit war es für den Studienteilnehmer bzw. die Studienteilnehmerin nicht möglich einen Lerneffekt aus den Tutorialaufgaben zu ziehen, da neben einer anderen Beschriftung auch die Strecken und damit die Beschriftungen auf der Strecke verschieden zu den Tutorialaufgaben waren.

5.3.3 Durchführung der Hauptaufgaben

Nach erfolgreicher Absolvierung der Tutorialaufgaben wird der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin auf die nächste Seite verlinkt. Die Reihenfolge der folgenden Aufgaben ist ident zu der in der Tutorialsequenz. Zu jeder Hauptaufgabe werden sechs Unteraufgaben für die Durchführung angezeigt. Dabei wird anfangs nur die Videosequenz und der Button „Video starten“ eingeblendet. Damit kann der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin selbstständig entscheiden, wann das Video gestartet werden soll. Sobald das Ende der Videosequenz erreicht wurde, wird der Button „Zur Aufgabe“ eingeblendet. Der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin hat zu diesem Zeitpunkt keine Möglichkeit mehr, dass Video erneut zu sehen. Nach Klick auf den Button „Zur Aufgabe“ wird die Anzeige gewechselt, damit der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin sich ausschließlich mit der Aufgabe befassen kann.

TUTORIAL - Aufgabe Nr. 3

Bitte wählen Sie eine Variante aus!

| | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Variante 1 | <input type="checkbox"/> Variante 2 | <input type="checkbox"/> Variante 3 | <input type="checkbox"/> Variante 4 |
| 1. Wiesmühl | 1. Teichl | 1. Wiesmühl | 1. Wiesmühl |
| 2. Eisenberg | 2. Prailing | 2. Eisenberg | 2. Gabriel |
| 3. Gabriel | 3. Eisenberg | 3. Raufen | 3. Raufen |

AUFGABE ABSCHLIESSEN

Abbildung 5.9: Tutorial Aufgabe Nr. 3 inkl. Antwortmöglichkeiten der Nutzerstudie; Screenshot aus Nutzerstudie

vier Varianten mit jeweils vier Unterbegriffen zu schwierig waren. Daraufhin wurde bei Aufgabe 1 auf drei aus sechs Auswahlmöglichkeiten verringert und bei Aufgabe 3 zwar nach wie vor vier Varianten belassen, allerdings mit jeweils drei statt vier Unterbegriffen zur Auswahl umgestellt.

5.3.4 Anzeige des Fortschritts

Damit der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin einen ständigen Überblick über den aktuellen Fortschritt in der Nutzerstudie hat, wird im oberen Bereich des Browser-Fensters eine Fortschrittsleiste angezeigt (siehe Abbildung 5.10).



Abbildung 5.10: Fortschrittsleiste der Nutzerstudie; Screenshot aus Nutzerstudie

Diese Fortschrittsleiste hat folgende Elemente:

1. Persönliches und Tutorialaufgaben
2. Namen auf Strecke erkennen 1 - 6
3. Strecke merken 1 - 6

4. Reihenfolge merken 1 - 6

5. Auswertung (Abschlussseite)

Bei der Nutzerstudie kam diese Anzeige sehr gut an, da damit ein ständiger Überblick über den aktuellen Fortschritt und über noch ausstehende Aufgaben gewährleistet ist. Pausen werden in dieser Anzeige nicht explizit angegeben.

5.3.5 Abschlussseite

Auf die oben beschriebene Weise werden die Teilnehmer/innen durch die 18 verschiedenen Stimuli geführt und nach jeder „Antwortseite“ ein Eintrag in der Datenbank gespeichert. Damit ist es unter anderem möglich am Ende der Nutzerstudie auf der Abschlussseite (endpage.php) eine Zusammenfassung über richtig beantwortete Fragen zu liefern (siehe Abbildung 5.11). Zusätzlich kann ein optionales Feedback abgegeben werden.

Gratulation!

Ingesamt richtige Antworten: 0 / 18

Namen auf Strecke erkennen: 0 / 6

Strecke merken: 0 / 6

Reihenfolge merken: 0 / 6

Bitte hinterlassen Sie noch ein Feedback (max. 250 Zeichen)

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Bitte beenden Sie die Nutzerstudie über den Button "Nutzerstudie abschliessen"!

NUTZERSTUDIE ABSCHLIESSEN

Abbildung 5.11: Abschlussseite inkl. Auswertung der Nutzerstudie; Screenshot aus Nutzerstudie

5.4 Technische Umsetzung

Für die technische Umsetzung wurden basierend auf dem Bootstrap-Framework PHP-Seiten mit eingebetteten HTML-Ausgaben erstellt. Bootstrap leistet dabei unterstützende Arbeit in Bezug auf das Design und die Darstellung unabhängig von der Auflösung des Bildschirms (Responsive Design). Durch die Verwendung von PHP-Seiten kann einerseits der HTML-Code auf dem Server ausgeführt und an den Client gesendet werden, andererseits auch wichtige Session-Daten, z. B. PersonID oder auch die TaskID, damit die nächste Aufgabe aufgerufen werden kann, übergeben werden.

Damit vermieden werden kann, dass zufällig zwei Teilnehmer bzw. Teilnehmerinnen gleichzeitig auf den Weiter-Button auf der Startseite klicken wird eine UUID - Universally unique identifier - generiert. Diese wird zu den abgegebenen persönlichen Daten (siehe Unterpunkt 5.3.1) gespeichert. Die generierte PersonID, dabei handelt es sich um eine fortlaufende Nummer (autoincrement) in der Datenbank, kann eindeutig dem richtigen Client zugeordnet werden. Diese PersonID wird zu jeder weggespeicherten Antwort mitgeliefert, damit findet eine eindeutige Zuordnung statt. Diese ist in der Auswertung am Ende der Nutzerstudie notwendig.

Wie in Abbildung 5.2 ersichtlich hängen sowohl die Tutorialaufgaben als auch die Hauptaufgaben mit der Javascript-Datei „myJS.js“ zusammen. Diese Javascript-Datei steuert unter anderem folgende Funktionalitäten:

- Nach Ablauf der Videosequenz wird eine videoEnded()-Methode aufgerufen. Diese wiederum zeigt den blauen Button „Zur Aufgabe“ an. Dabei handelt es sich um einen submit-Button, und in jeder PHP-Datei für die Videosequenz steht eine Weiterverlinkung auf die dazugehörigen Aufgaben-Datei. Nur die TaskID muss noch an die Aufgaben-Datei übermittelt werden.
- Sämtliche Antwortmöglichkeiten für Aufgabe 1 und 3 werden aus der Datenbank generiert, um die Anzahl an notwendigen Dateien für den gesamten Aufbau so

gering wie möglich zu halten. Aufgabe 2 hat einen fest definierten Aufbau, wodurch hier keine Verbindung mit der Datenbank notwendig ist.

- Die Aufgaben-Dateien (z.B. secondStep1Ex.php für Aufgabe 1 vgl. Abbildung 5.2) haben wiederum über die Datei „database.class.php“ Verbindung zu der Datenbank, wodurch die einzelnen Antwortmöglichkeiten aufgrund der übergebenen TaskID aus der Datenbank generisch ausgegeben werden können.
- Nach Klick auf den „Aufgabe abschließen“-Button in der Antwort-Datei werden in der Javascript-Datei „myJS.js“ Validierungen durchgeführt, z. B. ob bei Aufgabe 1 nicht mehr als drei Antworten ausgewählt wurden. Danach wird die PHP-Datei „saveTask.php“ aufgerufen, da die Javascript-Datei nicht direkt auf die Datenbank zugreifen kann. Die saveTask.php Datei beinhaltet die richtigen SQL-Statements für die Speicherung der abgegebenen Antworten in der Datenbank getrennt nach Aufgaben, denn jede Aufgabe fordert eine andere Speicherung in der Datenbank. Nach erfolgreicher Speicherung erfolgt die Weiterleitung zur nächsten Website.

Datenspeicherung Wie bereits zuvor erwähnt und in Abbildung 5.2 ersichtlich wurde für die Datenspeicherung eine `mysql3`-Datenbank verwendet. Diese Art von relationaler Datenbank ist für dynamische Webauftritte weit verbreitet. Das verwendete Datenbankschema kann in Abbildung 5.12 näher betrachtet werden. Insgesamt wurden sechs Tabellen verwendet:

- person - Speicherung der persönlichen Daten aus der Startseite
- tasks - Speicherung der abgegebenen Antworten pro Aufgabe
- task1value - Begriffe für die Auswahlmöglichkeiten für Aufgabe 1
- task3value - Begriffe für die Auswahlmöglichkeiten für Aufgabe 3
- answers - beinhaltet allgemein alle richtigen Antworten zu den Aufgaben

³<https://www.mysql.com/de/> (Zugriff: 26.04.2020)

- correctanswers - richtige Antworten der Teilnehmer bzw. Teilnehmerinnen - auf PersonID bezogen. Dadurch wird eine schnellere Darstellung der Abschlusseite ermöglicht.

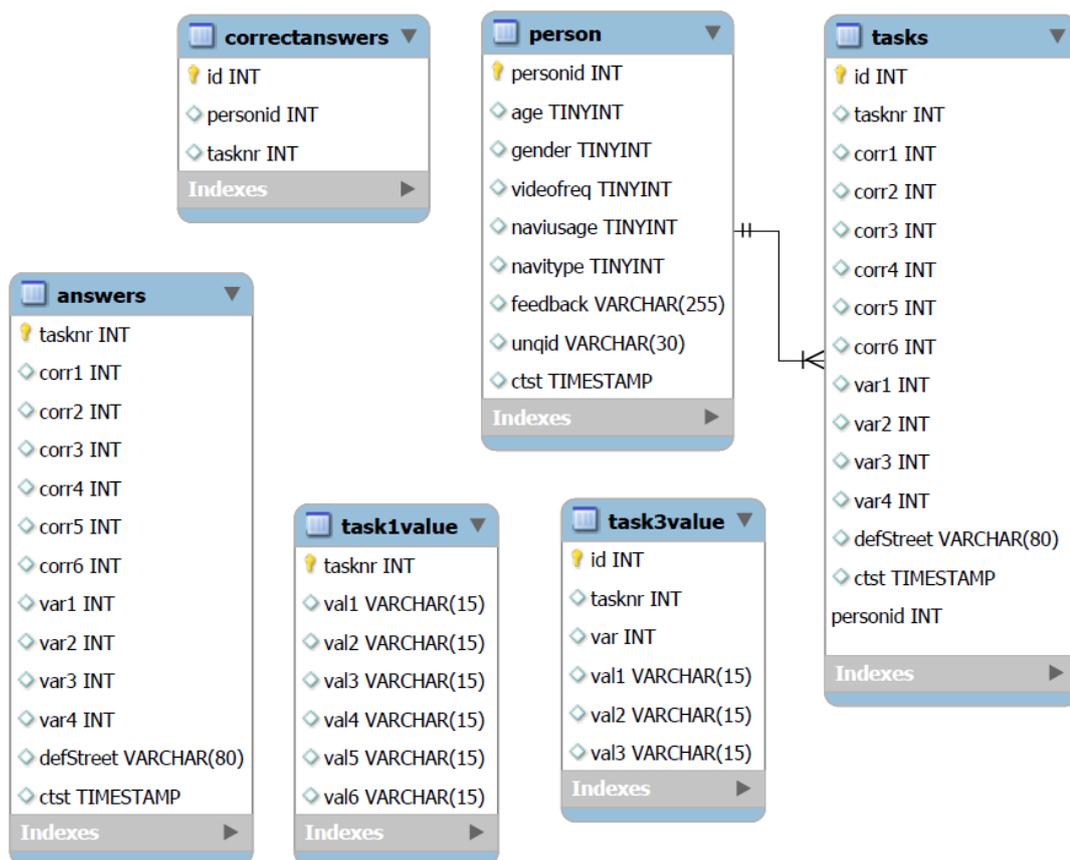


Abbildung 5.12: Datenbankschema für die Speicherung der Eingabedaten

5.5 Durchführung

Vor der Durchführung war die Entscheidung sehr schwierig, ob die Studie in einem Computerraum und damit in einem kontrollierten Rahmen umgesetzt werden soll oder die Durchführung über einen öffentlichen Link stattfinden soll. Da die Nutzeraufmerksamkeit vollständig bei der Durchführung der Nutzerstudie sein soll, wurde die Nutzerstudie zunächst in einem Computerlabor (siehe Abbildung 5.13) direkt an der TU Wien

durchgeführt. Hierfür wurde das Informatiklabor Q*bert mit einer Kapazität von 25 Computer-Arbeitsplätzen ausgewählt.

Bei der Auswahl des Raums als auch bei der Durchführung der Nutzerstudie wurde explizit darauf geachtet, mögliche Ablenkungsfaktoren gleich im Vorhinein zu vermindern bzw. zu vermeiden. Wie bereits im Absatz „Nebeneffekte“ im Unterkapitel 5.1 erwähnt, sollen damit weitestgehend mögliche Nebeneffekte unterbunden werden.

In diesem Computerraum gibt es kein direktes Tageslicht, wodurch mit künstlichem Licht ständig die selben Lichtverhältnisse gewährleistet werden konnten. Durch die technische Architektur der Computerlabore können alle Computer in diesem Raum gleichzeitig rebootet und die Webapplikation im Browser Firefox⁴ geöffnet werden. Dabei wurde das Browserfenster in Vollbildansicht geöffnet. Zusätzlich wurde sichergestellt, dass die URL-Leiste versteckt wurde, damit keine manuellen Änderungen an dem Link durchgeführt werden können.

5.5.1 Probedurchgang

Vor der Durchführung der Nutzerstudie mit den tatsächlichen Teilnehmern und Teilnehmerinnen wurde mit dem EDV-Team, welches für die Computerlabore verantwortlich ist, ein Probedurchgang durchgeführt. Diese waren zuvor mit dem Inhalt der Studie nicht vertraut. Durch das dadurch erhaltene Feedback wurden noch einige Änderungen an dem Design als auch an der Funktionsweise vorgenommen. Folgende Optimierungen machten das Programm anwenderfreundlicher:

- Der Hauptanzeigebereich wurde in der Breite zu sehr eingeschränkt, dass eine X-Achsen Scrollbar zustande kam. Diese wurde nach Anpassung der Breite eliminiert.
- Bei Aufgabe 1 war es zuerst Pflicht drei Auswahlmöglichkeiten zu markieren. Allerdings wusste ein Teilnehmer nicht mehr alle drei. Daraufhin wurde beschlossen ein Maximum von drei Antworten zu setzen. Das bedeutet, dass nicht mehr als drei

⁴<https://www.mozilla.org/de/firefox/> (Zugriff: 26.04.2020)



Abbildung 5.13: Informatiklabor Q*bert der TU Wien, mit angezeigter Startseite der Nutzerstudie auf den Bildschirmen (Foto: Verena Zernpfennig)

Antworten ausgewählt werden dürfen, aber es erlaubt ist, weniger anzuklicken bis keine Auswahl zu treffen. Damit soll verhindert werden, dass eine falsche Antwort abgegeben wird, weil es die Applikation bei der Validierung vorgibt. Bei der Abschlussseite (siehe Unterpunkt 5.3.5) werden allerdings nur vollständig richtige Antworten gezählt.

- Beim ersten Entwurf wurde nach Ablauf des Videos der Button „Zur Aufgabe“ unterhalb des Videos eingeblendet, wodurch ein manuelles Scrollen notwendig gewesen wäre, damit dieser Button geklickt werden konnte. Damit würde sich allerdings die gesamte Ansicht verschieben und könnte unnötigerweise zu einer Verwirrung führen. Daher wird dieser Button nun unterhalb des „Video starten“-Buttons angezeigt (vgl. Abbildung 5.8).

- Die Höhe des Videoframes war anfangs zu hoch, wodurch das Video etwas abgeschnitten wurde. Es wurde nun eine fixe Höhe von 600 Pixel eingerichtet. Die Breite wurde auf 100 Prozent gestellt, da diese keine Probleme gemacht hat.

5.5.2 Aussendung für Teilnahme

Damit eine Nutzerstudie und die damit erhaltenen Ergebnisse statistisch präsentierbar sind, ist die Anzahl der Teilnehmer und Teilnehmerinnen entscheidend. Für das Anwerben von Testpersonen wurden folgende Kanäle verwendet:

- Kundmachung in Social-Media Gruppen und Gruppen der Fachschaften auf Facebook und Foren
- Verteilung von Handzetteln (siehe Abbildung 5.14) in Lernräumen und den verschiedenen Fachschaften
- Direkte Ansprache von Mitstudierenden

Als Ansporn wurde eine kleine Verlosung in Aussicht gestellt. Dabei wurde eine kleine Aufmerksamkeit unter den Teilnehmern bzw. Teilnehmerinnen nach jedem Durchgang verlost.

5.5.3 Durchführung der Nutzerstudie

Nach dem Probedurchgang und dem Anwerbeprozess der Teilnehmer/innen wurde die tatsächliche Nutzerstudie an zwei Terminen mit jeweils drei Zeitslots durchgeführt. Vor jedem Durchgang wurde darauf geachtet, dass idente Bedingungen für jeden Teilnehmer und jede Teilnehmerin zutreffen, um die gleiche Umgebung zu schaffen. Dabei wurde auf folgende Punkte geachtet:

- Gleiche Lichtbedingungen bei jedem Durchgang
- Jeder Computer hat den Browser geöffnet, und die Startseite der Studie wird im Vollbild aufgerufen



Abbildung 5.14: Poster und Flyer zum Anwerben von Teilnehmern

- Keine Stifte oder Zettel liegen auf dem Platz, denn es sind keine zusätzlichen Materialien für die Durchführung erlaubt und notwendig.
- Die Präsentation (siehe Abbildung 5.15) mit den wichtigsten Informationen wurde auf die Fernsehgeräte projiziert.

5.5.4 Ablauf der Nutzerstudie

Zunächst dürfen die Teilnehmer bzw. Teilnehmerinnen vor einem Computer nach eigener Wahl Platz nehmen. Danach werden die wichtigsten Informationen, wie in der Präsentation (siehe Abbildung 5.15) angeführt, kurz erläutert. Nach der Möglichkeit Fragen zu eventuellen Unklarheiten zu stellen, wurde mit der Nutzerstudie begonnen.

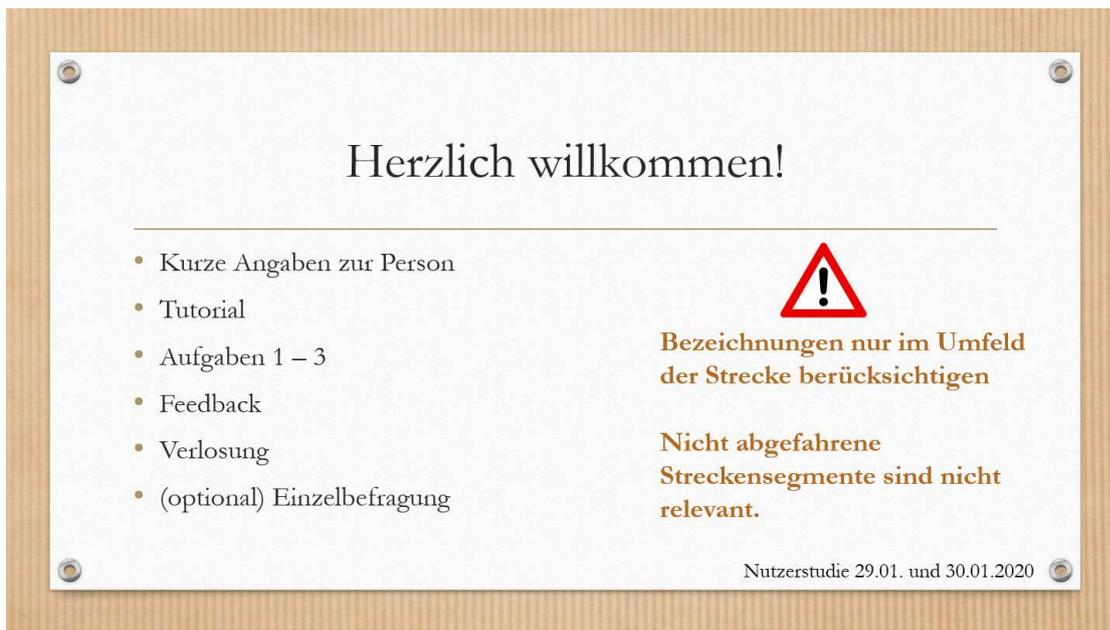


Abbildung 5.15: Präsentation mit den wichtigsten Informationen

Die Webapplikation führte den Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin Schritt für Schritt durch die Nutzerstudie, daher war ein persönliches Eingreifen der Studienleiterin nicht notwendig. Es waren bis zu maximal drei Personen gleichzeitig in einem Slot, daher war es möglich mit jedem Teilnehmer bzw. jeder Teilnehmerin eine Einzelbefragung durchzuführen.

Einzelbefragung Nach Abschluss der Nutzerstudie wurde jeder Teilnehmer bzw. jede Teilnehmerin persönlich bei einer Einzelbefragung interviewt. Die Durchführung einer Einzelbefragung hatte als Ziel das persönliche Empfinden in Bezug auf die Schwierigkeit der einzelnen Aufgaben als auch den Gesamteindruck zu hinterfragen. Dabei wurde in einem direkten Gespräch zwischen Studienleiterin und dem Teilnehmer bzw. der Teilnehmerin die einzelnen Eindrücke genauer beleuchtet sowie die Antworten auf einem vorbereiteten Fragebogen von der Studienleiterin (siehe Abbildung 5.16) handschriftlich notiert. Dabei wurde das Datum, die Uhrzeit des Slots als auch eine Reihenfolgen-Nr. dokumentiert. Die Befragung selbst wurde völlig anonym durchgeführt.

Einzelbefragung

Schwierigkeit der Aufgaben Datum/Uhrzeit: Nr.:

Aufgabe 1 – Namen merken

Leicht nicht so schwer mittel schwer sehr schwer

Aufgabe 1 – Begründung

Aufgabe 2 – Strecke merken

Leicht nicht so schwer mittel schwer sehr schwer

Aufgabe 2 – Begründung

Aufgabe 3 – Reihenfolge merken

Leicht nicht so schwer mittel schwer sehr schwer

Aufgabe 3 – Begründung

a. Haben Ihnen die Sprünge und/oder das Flackern die Aufgabe erschwert?

b. Wie empfanden Sie den Zoom und die Darstellung der Bezeichnungen im Gesamtbild?

c. Hatte die Anzahl der Vorkommnisse der Bezeichnungen Einfluss auf Ihre Aufmerksamkeit?

d. Sonstige Anmerkungen?

DA – Nutzerstudie

Abbildung 5.16: Einzelbefragung der StudienteilnehmerInnen nach Nutzerstudie

Bei der Einzelbefragung wurden folgende Eindrücke ermittelt:

- Schwierigkeitsgrad Aufgabe 1 - Auswahlmöglichkeiten: leicht, nicht so schwer, mittel, schwer, sehr schwer inkl. Begründung
- Schwierigkeitsgrad Aufgabe 2 - Auswahlmöglichkeiten: leicht, nicht so schwer, mittel, schwer, sehr schwer inkl. Begründung
- Schwierigkeitsgrad Aufgabe 3 - Auswahlmöglichkeiten: leicht, nicht so schwer, mittel, schwer, sehr schwer inkl. Begründung

- Haben Ihnen die Sprünge und/oder das Flackern die Aufgabe erschwert?
- Wie empfanden Sie den Zoom und die Darstellung der Bezeichnungen im Gesamtbild?
- Hatte die Anzahl der Vorkommnisse der Bezeichnungen Einfluss auf Ihre Aufmerksamkeit?
- Sonstige Anmerkungen?

Nach Durchführung der Nutzerstudie an den insgesamt sechs Durchgängen in dem Computerlabor nahmen insgesamt 11 Personen an der Studie teil. Vermutlich kam diese geringe Anzahl zustande, da die Durchführung von Nutzerstudien im Informatik-Studium eher unüblich ist. Da diese Anzahl allerdings nicht für eine statistisch repräsentative Auswertung ausreicht, wurde zusätzlich der Weg über einen öffentlichen Link gegangen.

Selbstverständlich kann bei der Durchführung über den öffentlichen Link nicht kontrolliert werden, ob weitere Hilfsmittel verwendet wurden, doch aufgrund der resultierenden Ergebnisse kann gesagt werden, dass doch auch Fehler gemacht wurden. Daher ist davon auszugehen, dass die Nutzerstudie auch über den öffentlichen Link von den Teilnehmern bzw. Teilnehmerinnen ernst genommen wurde. Mit Berücksichtigung der Anzahl an Teilnehmer bzw. Teilnehmerinnen aus der Online-Teilnahme wurde eine Gesamtanzahl von **23 Personen** erreicht.

Sämtliche erfassten Daten aus der Einzelbefragung wurden digitalisiert und gemeinsam mit den erhaltenen Daten aus der Nutzerstudie an einem gemeinsamen Speicherort zusammengetragen. In dem folgenden Kapitel werden diese Daten statistisch ausgewertet und analysiert.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Auswertung

In diesem Kapitel werden die aus der Nutzerstudie gewonnenen Daten analysiert und ausgewertet. Dabei werden zunächst die persönlichen Daten der Teilnehmer und Teilnehmerinnen und die Werte aus den Einzelbefragungen zusammengefasst und statistisch aufbereitet. Für eine bessere Evaluierung wurden zwei Annahmen aufgestellt:

- Die Anwenderin bzw. der Anwender wird Flackern in den Videos als störend empfinden
- Plötzliche Zoomsequenzen in den Videos werden kurzzeitig die Aufmerksamkeit auf bestimmte Beschriftungen stören

Am Ende dieses Kapitels wird zu diesen beiden Annahmen ein Ergebnis präsentiert.

6.1 Aufbereitung

Zu Beginn der Nutzerstudie werden Angaben zu der eigenen Person erfragt (siehe Abbildung 5.3) als auch Informationen bei den Einzelbefragungen am Ende der durchgeführten Nutzerstudie gesammelt.

Diese Daten wurden mit Hilfe des Online-Tabellenkalkulationsprogramms „Google Tabellen“¹ zusammengetragen und für die statistische Auswertung entsprechend aufbereitet. Für die nähere Untersuchung der gestellten Aufgaben in der Nutzerstudie wurde für die Berechnungen „R“² verwendet. Dabei handelt es sich um eine frei verfügbare Programmiersprache, die speziell Anwendung in der Durchführung von Berechnungen und Grafiken für den statistischen Bereich findet. R Studio³ wurde als IDE (Integrierte Entwicklungsumgebung) verwendet, da diese einen einfacheren Umgang mit der Programmiersprache R im Besonderen bei der Durchführung von Berechnungen und der Erstellung von Grafiken bietet. Die Berechnungen wurden mit kurzen Analysen ergänzt. Anschließend folgt eine eigene Interpretation sowohl zu den Ergebnissen als auch zu den beiden Annahmen am Ende dieses Kapitels.

6.2 Persönliche Daten

Wie bereits in Kapitel 5 genau beschrieben, führten insgesamt 23 Teilnehmer und Teilnehmerinnen die Nutzerstudie durch. Zu Beginn der Nutzerstudie wurden persönliche Daten erfragt. Die Ergebnisse der persönlichen Einzelbefragungen zwischen Teilnehmer bzw. Teilnehmerin und Studienleiterin werden in diesem Kapitel statistisch abgehandelt. Da knapp die Hälfte der Teilnehmer und Teilnehmerinnen an der Nutzerstudie im Computerlabor an der TU Wien teilgenommen hat, handelt es sich bei diesem Anteil um Studierende. Im Anschluss wurde die Nutzerstudie über einen öffentlichen Link für die Durchführung bereitgestellt. Da die Studienrichtung bzw. der Beruf grundsätzlich bei dieser Nutzerstudie keine Rolle gespielt hatte, wurde keine Frage diesbezüglich explizit bei dem Fragebogen zu Beginn der Nutzerstudie eingebaut. Es wurde davon ausgegangen, dass hauptsächlich Studierende an der Nutzerstudie teilnehmen werden. Falls auch andere Berufsgruppen an der öffentlich zugänglichen Nutzerstudie teilnehmen sollten, war das für das Gesamtergebnis irrelevant.

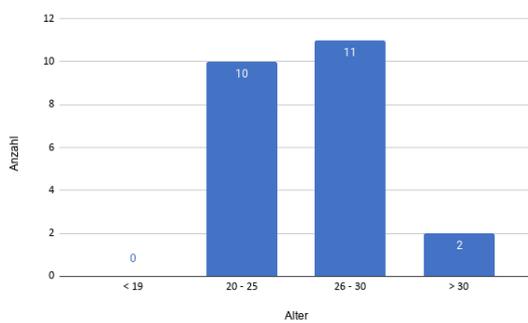
¹<https://docs.google.com/spreadsheets/u/0/>

²<https://www.r-project.org/>

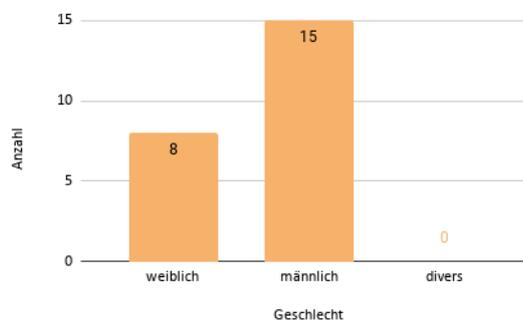
³<https://rstudio.com/>

Durch den hohen Anteil an Studierenden ist das Alter zwischen 20 und 30 Jahren mit insgesamt 21 Teilnehmern und Teilnehmerinnen fast zur Gänze abgedeckt. Dabei wählten die Altersgruppe „20-25“ insgesamt 10 Teilnehmer und Teilnehmerinnen aus und die Altersgruppe „26-30“ zählte gesamt 11 Personen. Nur zwei Teilnehmer bzw. Teilnehmerinnen geben ein höheres Alter (30+) an (siehe Abbildung 6.1a).

Insgesamt nahmen 15 Männer und 8 Frauen an der Nutzerstudie teil. Für eine technische Universität ist der Anteil von mehr als einem Drittel an weiblichen Teilnehmerinnen besonders hervorzuheben. Es gab auch die dritte Auswahlmöglichkeit „divers“, welche von keiner Person gewählt wurde (Abbildung 6.1b).



(a) Aufteilung des Alters



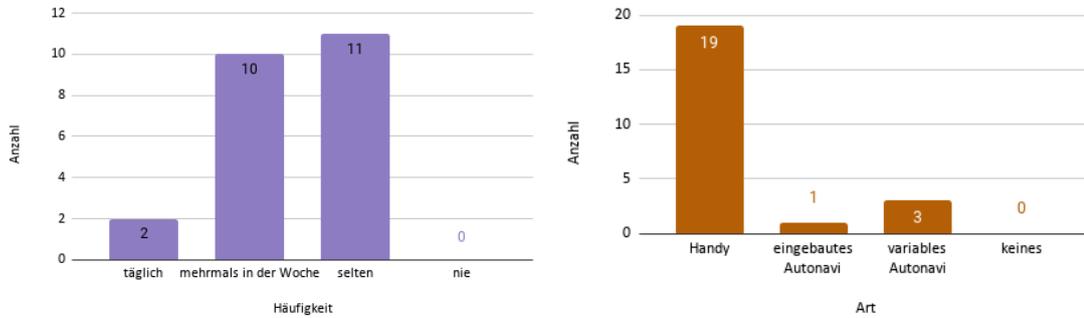
(b) Aufteilung des Geschlechts

Abbildung 6.1: Aufteilung des Alters und des Geschlechts zwischen den Teilnehmern und Teilnehmerinnen

Im Anschluss wurden Fragen in Bezug auf die Häufigkeit der Verwendung von Navigationssystemen gestellt und die Spielintervalle von Videospiele näher erfragt. Bei der Häufigkeit der Verwendung von Navigationssystemen sammelt sich der Großteil mit einer Gesamtanzahl von 21 Personen auf den beiden Optionen „mehrmals in der Woche“ (10 Personen) und „selten“ (11 Personen) an. Nur zwei Teilnehmer bzw. Teilnehmerinnen geben einen täglichen Gebrauch eines Navigationssystems bei dieser Frage an (Abbildung 6.2a).

Zu der Frage der Spielintervalle von Videospiele haben insgesamt 14 Teilnehmer und Teilnehmerinnen die Option „1-2 mal im Monat“ und „nie“ zu gleichen Teilen (jeweils 7) gewählt.

Der restliche Anteil verteilt sich beinahe zu gleichen Teilen auf die beiden Optionen „täglich“ (4 Personen) und „mehrmals in der Woche“ (5 Personen).



(a) Häufigkeit der Nutzung

(b) Typen von Navigationssystemen

Abbildung 6.2: Häufigkeit der Nutzung von Navigationssystemen und die beliebtesten genutzten Geräte

Bei der Frage nach dem häufigsten genutzten Gerät für die Navigation wurde mit einem deutlichen Abstand das „Handy“ mit einer Anzahl von 19 Personen ausgewählt. Dabei wurde nicht näher auf die mögliche Verwendung als Autonavigation und/oder Fußgängernavigation eingegangen. Das Navigationssystem im Auto - eingebaut oder variable - wurde insgesamt von 4 Personen gewählt (Abbildung 6.2b). Wenig überraschend war, dass alle Teilnehmer und Teilnehmerinnen bereits ein Navigationssystem verwendet haben.

Nachträglich wäre die Option „Computer/PC“ noch sinnvoll gewesen, um die Testumgebung der Nutzerstudie - das Computerlabor bzw. vor dem Computer/Laptop - etwas mehr in Verbindung zu bringen. Da allerdings eine Autonavigation-Simulation in der Nutzerstudie getestet wurde, waren eher gängige Geräte für eine mögliche Navigation im Auto Gegenstand dieser Frage. Wie bereits zuvor erwähnt, hat es sich zu einem großen Teil bei den Testpersonen um Studierende gehandelt. Dadurch kann davon ausgegangen werden, dass der Umgang mit einem Computer durchaus geläufig ist.

6.3 Analyse der Testergebnisse

Aus den Daten der Nutzerstudie können pro Aufgabe verschiedene Kreuztabellen erstellt werden. Hierbei ist der Aufbau als auch die Spalten- und Zeilenbezeichnung in jedem Berechnungsvorgang auch innerhalb einer Aufgabe verschieden. Die Daten der abgegebenen Antworten in der Nutzerstudie werden aufbereitet, sodass durch die Auswahl verschiedener kategorialer Variablen unterschiedliche Messungen und Vergleiche durchgeführt werden können.

Für die Untersuchung der Datensätze wurde für jede Messung ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Hierfür wurden die Werte in RStudio als Matrix (*.mat) definiert und mit dem Befehl `chisq.test` ausgewertet. Die Auswertungen der Aufgaben bleiben in sich abgeschlossen und werden aufgrund der verschiedenen Aufgabenstellungen nicht miteinander verglichen bzw. zusammengefasst. Für die Durchführung der Berechnungen wurde folgende Vorgehensweise gewählt [HHN11, S.187ff.]:

1. Definition der absoluten Häufigkeit mit zwei kategorialen Variablen

Alle Kombinationen bilden dabei eine Kreuztabelle, welche auch Kontingenztafel genannt wird. Dabei enthalten die Zellen dieser Matrix die beobachteten Häufigkeiten, wie oft die Kombination in der Stichprobe vorgekommen ist. Zusätzlich werden die Spalten- und Zeilensummen berechnet.

2. Angabe und Interpretation relativer bzw. erwarteter Häufigkeit

Dabei wird die beobachtete Häufigkeit in Relation mit der Zeilen- und Spaltensumme für die ausgewählten Zelle gestellt. Die Ergebnisse können sich zu den Angaben in dem ersten Schritt kaum bis stark unterscheiden.

3. Chi-Quadrat-Homogenitätstest

In diesem Schritt wird die Fragestellung in eine Null- und eine Alternativhypothese aufgeteilt. Bei einem angenommenen **Signifikanzniveau von 5 %** wird bei einem kleineren p -Wert die Nullhypothese verworfen.

4. Interpretation der Ergebnisse

Nach Durchführung des Chi-Quadrat-Tests wird der X^2 -Wert, der Freiheitsgrad und der p -Wert ermittelt. Der Freiheitsgrad beschreibt dabei die Größe der Kreuztabelle.

6.3.1 Auswertung zu Aufgabe 1

In der Nutzerstudie standen bei Aufgabe 1 für alle sechs Unteraufgaben nach der Videosequenz insgesamt sechs Antwortmöglichkeiten zur Auswahl, wobei drei richtige und drei falsche Antworten vermischt waren (siehe Abbildungen 5.4 und 5.5).

Aufgabe 1 ohne Zoomverhalten Bei Vergleich der Werte ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens wurde ein X^2 -Wert von 3,4887 und ein p -Wert von 0,4796 berechnet. Für die erstellte Matrix (vgl. Tabelle 6.1) wurde ein Freiheitsgrad von 4 ermittelt. Der kleine X^2 -Wert stellt nur einen geringen Unterschied dar, damit kann angenommen werden, dass alleine die Heuristik wenig bis keinen Einfluss auf das Ergebnis bewirkt hat.

| Heuristik | ganz richtig | 1 falsch | 2 falsch |
|-----------|--------------|----------|----------|
| AM3 1 | 23 | 19 | 4 |
| AM4 2 | 27 | 18 | 1 |
| AM4 3 | 21 | 23 | 2 |

Tabelle 6.1: Aufgabe 1 - Beobachtete Häufigkeit ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens. Dabei beschreibt die erste Spalte „Heuristik“ das verwendete Aktivitätsmodell und die Anzahl der maximalen Vorkommnisse der Beschriftungen.

| Zoom | ganz richtig | 1 falsch | 2 falsch | 3 falsch |
|------|--------------|----------|----------|----------|
| ja | 34 | 31 | 4 | 0 |
| nein | 37 | 29 | 3 | 0 |

Tabelle 6.2: Aufgabe 1 - Beobachtete Häufigkeit mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens.

Aufgabe 1 mit Zoomverhalten Unter Berücksichtigung des Zoomverhaltens wurde ein p -Wert von $\sim 0,85$ ermittelt. Damit kann abschließend gesagt werden, dass beim Lösen

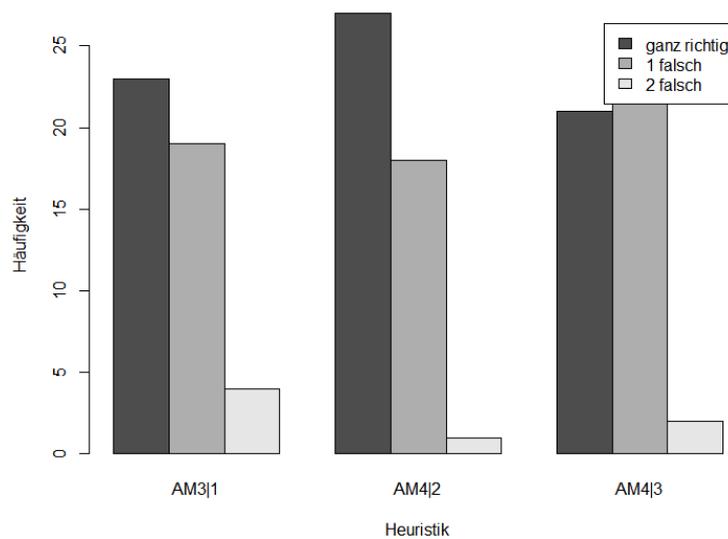


Abbildung 6.3: Balkendiagramm der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 1 ohne Zoomverhalten (vgl. Tabelle 6.1); Grafik mit RStudio erstellt.

der Aufgabe 1 mit bzw. ohne Zoomverhalten und auch in Bezug auf die verschiedenen Heuristiken keine statistisch auffälligen Unterschiede ermittelt werden konnten.

6.3.2 Auswertung von Aufgabe 2

Bei Aufgabe 2 wurden bei allen sechs Unteraufgaben Streckenverläufe bestehend aus Links- und Rechtskurven am Ende der Videosequenz erfragt. Für die bessere Auswertung wurde auf den Vergleich mit der Anzahl der Links- und Rechtskurven verzichtet und die Skala „ganz richtig“, „halb richtig“ und „falsch“ eingeführt (siehe Tabelle 6.3). Zu der Definition „halb richtig“ wurden die Personen gezählt, die nur einen Fehler bei der Antwort begangen haben. Damit wurde der Rest der inkorrekten Antworten zu dem Skalabereich „falsch“ gewertet.

Aufgabe 2 ohne Zoomverhalten Insgesamt wurde bei der Berechnung ein X^2 -Wert von 16,571 und ein sehr geringer p -Wert von **0,002341** ermittelt. Der Freiheitsgrad hat einen Wert von 4. Dadurch dass der X^2 -Wert über den Freiheitsgrad liegt und der

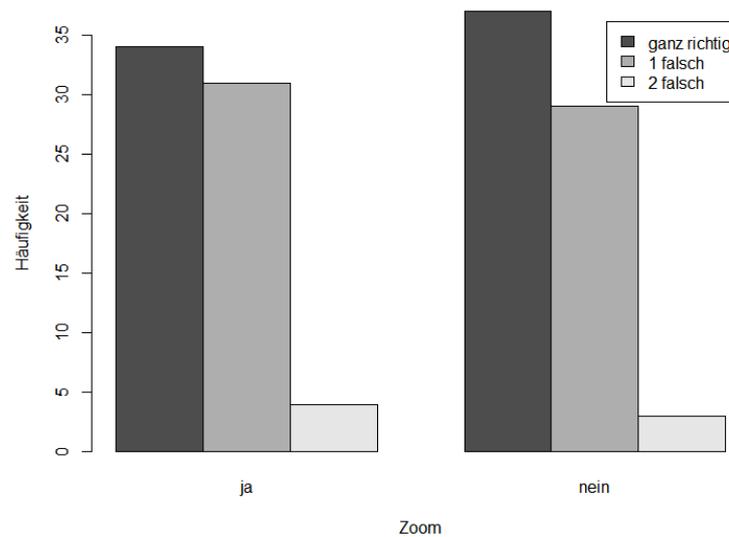


Abbildung 6.4: Balkendiagramm der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 1 mit Zoomverhalten (vgl. Tabelle 6.2); Grafik mit RStudio erstellt.

| Heuristik | ganz richtig | halb richtig | falsch |
|-----------|--------------|--------------|--------|
| AM3 1 | 30 | 9 | 7 |
| AM4 2 | 39 | 1 | 6 |
| AM4 3 | 29 | 2 | 15 |

Tabelle 6.3: Aufgabe 2 - Beobachtete Häufigkeit ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens

p -Wert das Signifikanzniveau von 5 % deutlich unterschreitet, kann die Nullhypothese verworfen werden. In diesem Fall war die Nullhypothese **„Die Anwenderin bzw. der Anwender wird Flackern in den Videos nicht als störend empfinden“**. Wie bereits erwähnt, kann durch den niedrigen p -Wert diese Nullhypothese verworfen werden und damit kann für Aufgabe 2 gezeigt werden, dass die Heuristik unter Ausschluss des Zoomverhaltens Einfluss auf die Wahrnehmung genommen hat.

In dem Skalabereich „falsch“ für das Aktivitätsmodell AM4 mit einer maximalen Anzahl von Vorkommnissen der Bezeichnungen von 3 kann bereits deutlich erkannt werden, dass die Anzahl mit insgesamt 15 falschen Antworten doch ziemlich hoch ist.

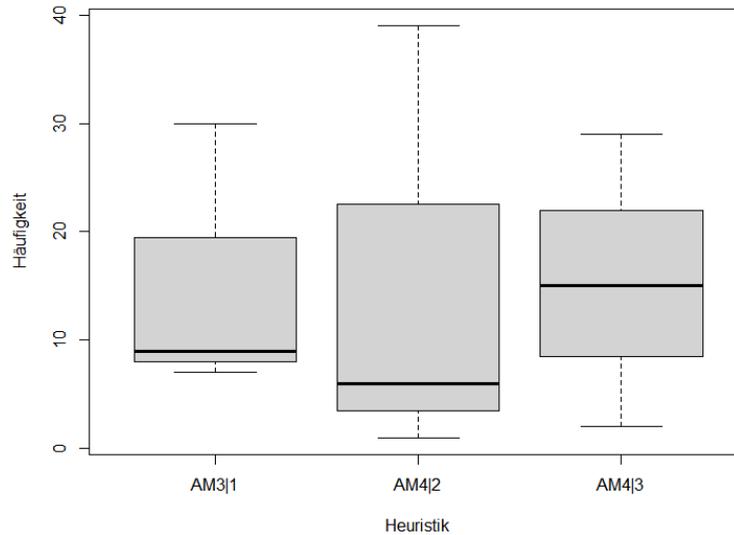


Abbildung 6.5: Boxplot der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 2 ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens (vgl. Tabelle 6.3); Grafik mit RStudio erstellt.

Aufgabe 2 mit Zoomverhalten Bei der Auswertung der zweiten Aufgabe mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens allerdings mit Ausschluss der Heuristik konnte ein X^2 -Wert von 6,2772 bei einem Freiheitsgrad von 2 ermittelt werden. Der p -Wert ist nicht so niedrig, wie bei der Berechnung ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens. Jedoch bleibt dieser mit einem Wert von 0,04334 trotzdem unter dem Signifikanzniveau von 5 %.

Damit kann festgehalten werden, dass in diesem Fall die Nullhypothese **„Plötzliche Zoomsequenzen in den Videos werden kurzzeitig die Aufmerksamkeit auf bestimmte Beschriftungen nicht stören“** ebenfalls verworfen werden kann und damit konkret die Zoomsequenzen störende Auswirkung auf das Ergebnis hatten. Laut Tabelle 6.4 gab es zwar eher Probleme bei fehlendem Zoom, da bei einer Anzahl der Beschriftungen in der Videosequenz vor allem bei der Heuristik AM4 mit einer maximalen Anzahl von Vorkommnissen von 3 viele Beschriftungen gleichzeitig auf der Kartenansicht dargestellt werden.

| Zoom | ganz richtig | halb richtig | falsch |
|------|--------------|--------------|--------|
| ja | 55 | 5 | 8 |
| nein | 43 | 7 | 19 |

Tabelle 6.4: Aufgabe 2 - Beobachtete Häufigkeit mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens

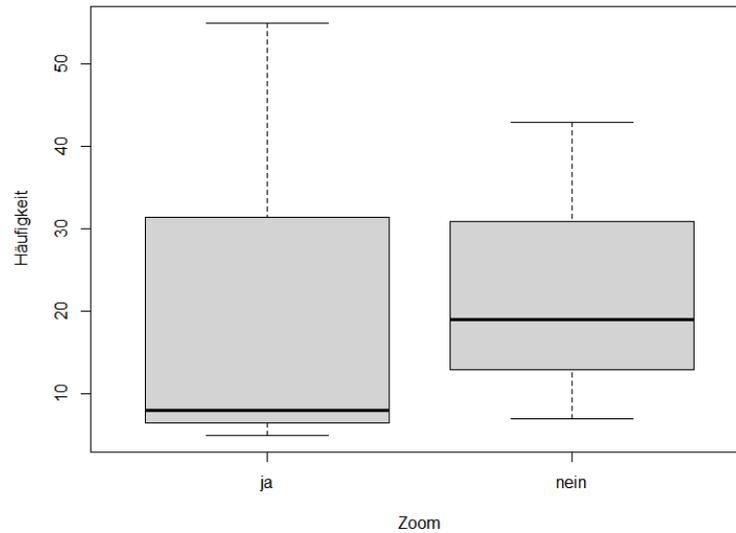


Abbildung 6.6: Boxplot der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 2 mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens (vgl. Tabelle 6.4); Grafik mit RStudio erstellt.

6.3.3 Auswertung zu Aufgabe 3

Bei der Aufgabenstellung zu Aufgabe 3 war es ebenfalls erforderlich sich die Beschriftungen entlang der Strecke zu merken. Dabei spielte zusätzlich die richtige Reihenfolge bei der Fragestellung eine entscheidende Rolle. Es wurden nach Abspielen der Videosequenz vier Varianten mit je 3 Bezeichnungen in einer gewissen Reihenfolge zur Verfügung gestellt. Dabei war maximal eine Variante richtig. Für eine bessere Evaluierung wurden die beiden Spalten „richtig“ und „falsch“ definiert. Dabei werden die richtigen Stimmen zu der Bezeichnung „richtig“ gezählt und sämtlich andere abgegebenen Antworten als „falsch“ gewertet.

| Heuristik | richtig | falsch |
|-----------|---------|--------|
| AM3 1 | 37 | 9 |
| AM4 2 | 33 | 13 |
| AM4 3 | 40 | 6 |

Tabelle 6.5: Aufgabe 3 - Beobachtete Häufigkeit ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens

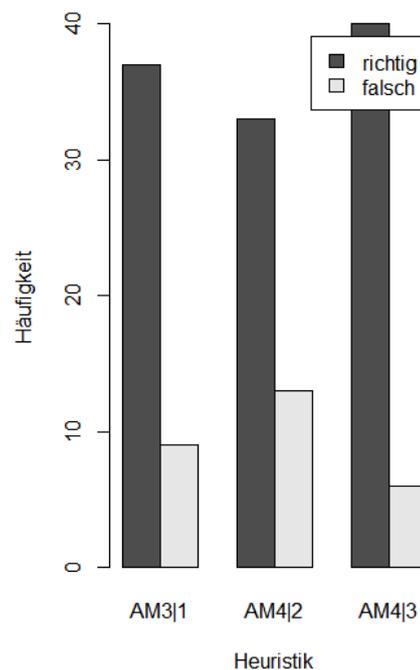


Abbildung 6.7: Balkendiagramm der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 3 ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens (vgl. Tabelle 6.5); Grafik mit RStudio erstellt.

Aufgabe 3 ohne Zoomverhalten Bei der Berechnung wurde ein X^2 -Wert von 3,3156 bei einem Freiheitsgrad von 2 berechnet. Dieser X^2 -Wert ist äußerst gering und der p -Wert mit 0,1906 liegt deutlich über dem Signifikanzniveau von 5 %. Damit kann die Nullhypothese „**Die Anwenderin bzw. der Anwender wird Flackern in den Videos nicht als störend empfinden**“ nicht verworfen und für diese Aufgabe kein signifikanter Unterschied ermittelt werden.

| Zoom | richtig | falsch |
|------|---------|--------|
| ja | 50 | 19 |
| nein | 60 | 9 |

Tabelle 6.6: Aufgabe 3 - Beobachtete Häufigkeit mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens

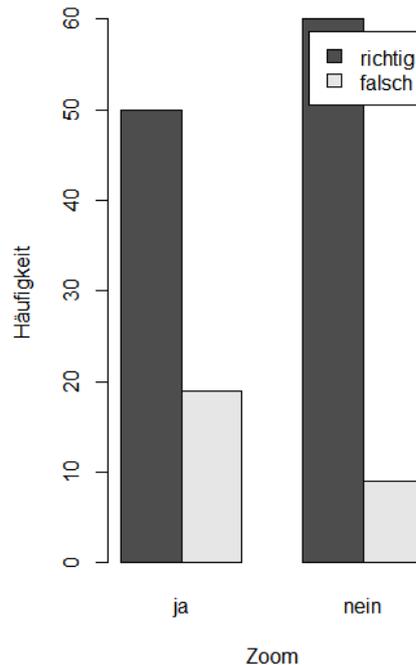


Abbildung 6.8: Balkendiagramm der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 3 mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens (vgl. Tabelle 6.6); Grafik mit RStudio erstellt.

Aufgabe 3 mit Zoomverhalten Im Gegensatz zu der Aufgabe 3 ohne Zoomverhalten ist der X^2 -Wert mit 4,4805 bei einem Freiheitsgrad von 1 deutlich höher. Mit Ausschluss der Kontinuitätskorrektur von Yates wurde ein p -Wert von 0,03428 ermittelt. Die Kontinuitätskorrektur wurde in diesem Fall ausgeschlossen, da es sich nur um eine 2x2 Matrix handelt und für diese Berechnung überzogen wäre. Die Nullhypothese „**Plötzliche Zoomsequenzen in den Videos werden kurzzeitig die Aufmerksamkeit auf bestimmte Beschriftungen nicht stören**“ kann wegen einem p -Wert unterhalb

des Signifikanzniveaus verworfen werden. Damit hat das Zoomverhalten Einfluss auf die Nutzer-Aufmerksamkeit in dieser Aufgabe genommen.

Zusammenfassend kann damit festgehalten werden, dass die Hälfte der Aufgaben einen signifikanten Unterschied gezeigt hat. Jedoch die andere Hälfte erwies keinen Einfluss von Flackern und plötzliches Erscheinen auf die Lesbarkeit der Beschriftungen. Die Aufgabe 1 hatte statistisch gesehen, keine Auswirkung auf die Aufmerksamkeit der Teilnehmer und Teilnehmerinnen in der Nutzerstudie. Bei Aufgabe 2 hingegen hatte sowohl die Heuristik als auch das Zoomverhalten Einfluss auf die Antworten. Die gewählte Heuristik in der Videosequenz für Aufgabe 3 spielte keine signifikante Rolle bei der Auswertung. Allerdings hat das Zoomverhalten bei aktivem Zoom Schwierigkeiten bei der Beantwortung bei dem Teilnehmer bzw. der Teilnehmerin ausgelöst.

6.4 Persönliche Einzelbefragungen

Die persönlichen Einzelbefragungen zwischen den Teilnehmern und Teilnehmerinnen, die an der Nutzerstudie im Computerlabor an der TU Wien teilgenommen haben, und der Studienleiterin wurde insgesamt mit 11 Personen durchgeführt. Wie bereits im Unterkapitel 5.5.4 genauer beschrieben, wurde dabei der persönliche Eindruck zu den einzelnen Aufgaben näher hinterfragt.

Dabei stuften knapp die Hälfte (5 Stimmen) die erste Aufgabe als schwierig ein. Als Begründung wurde vor allem das plötzliche Erscheinen der einzelnen Beschriftungen genannt. Auch das Aus- und Einblenden der Beschriftungen machten die Aufgabe schwerer lösbar. Einige hatten Schwierigkeiten sich die Beschriftungen zu merken, vor allem ähnliche Beschriftungen machten aus den folgenden Unteraufgaben eine Herausforderung.

Aufgabe 2 zeigte bei der statistischen Auswertung in Bezug auf Zoomverhalten und der Heuristik deutliche Unterschiede auf. Bei der Einzelbefragung hingegen sagten über die Hälfte (6 Stimmen) aus, dass sie die Aufgabe als „leicht“ empfunden hätten. Als Begründung wurde der nicht notwendige Fokus auf die Beschriftungen sondern nur auf den Straßenverlauf angegeben. Offensichtlich war das im Vergleich zu der ersten Aufgabe

eine Erleichterung. Allerdings wurde zusätzlich erwähnt, dass das Schwenken der Ansicht in der Kurve teilweise Orientierungsverlust verursacht hätte.

Bei Aufgabe 3 gab ein Großteil die Schwierigkeitsgrade „nicht zu schwer“ (4) und „mittel“ (3) an. Einige hatten wegen der ersten Aufgabe bezüglich dem Merken der Beschriftungen eine Taktik entwickelt. Zusätzlich konnte aufgrund der vorgegebenen Antwortmöglichkeiten leichter ein Ausschlussverfahren durchgeführt werden.

Insgesamt gaben acht Personen an, dass plötzliches Erscheinen und Flackern der Beschriftungen die Aufgabe erschwert haben. Vor allem Flackern wurde als störend empfunden, während der Zoom eher nicht so negativ wahrgenommen wurde. Für vier Personen war das Zoomverhalten keine Herausforderung, die anderen Personen hingegen empfanden es als störend bzw. gaben an, dass weniger Zoomverhalten angenehmer gewesen wäre. Bei einem „echten“ Auto-Navigationssystem würde das Zoomverhalten vor allem das Hineinzoomen als störend empfunden werden.

Auf die Frage, ob die Anzahl der Vorkommnisse der Beschriftungen Einfluss genommen hat, wurde diese nahezu von jedem Teilnehmer bzw. jeder Teilnehmerin bejaht. Vor allem das mehrmalige Verschwinden einer Bezeichnung und die teilweise hohe Anzahl an aktiven Beschriftungen machte die Aufgaben deutlich schwieriger.

Das digitale Feedback direkt nach der letzten Aufgabe in der Nutzerstudie spiegelt die Einschätzungen in der Einzelbefragung wider. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Lösung der Aufgaben aus Sicht der Teilnehmer und Teilnehmerin als teilweise schwierig eingestuft wurde. Zu einem größeren Teil hatten plötzliches Erscheinen von Beschriftungen, Flackern und Zoomsequenzen einen negativen Einfluss auf die Lesbarkeit der Beschriftungen abhängig von der Aufgabe.

6.5 Interpretation und Diskussion

Nach Abschluss der statistischen Auswertung der Nutzerstudie kann der negative Einfluss von Flackern beim Zoomen und plötzliches Erscheinen von Beschriftungen auf die

Lesbarkeit der Bezeichnungen in dynamischen Karten nur teilweise bestätigt werden. Abhängig von der Aufgabenstellung wurden die Störeffekte verschieden wahrgenommen. Nur bei der Beantwortung von der Hälfte der Aufgabenstellungen war ein signifikanter Unterschied zu ermitteln. Neben diesem Ergebnis konnte zusätzlich festgestellt werden, dass eine hohe Anzahl an Beschriftungen, die gleichzeitig in einer Ansicht zu sehen waren, die Aufgaben erschwert haben. Diese Beobachtung kann nicht konkret auf eine Aufgabe beschränkt werden, da diese Frage allgemein bei der Einzelbefragung ohne Verbindung zu einer Aufgabe gestellt wurde. Zu diesem Punkt spielte das erneute Vorkommen einer Beschriftung in der Ansicht, obwohl diese zuvor bereits ausgeblendet wurde, eine entscheidende Rolle. Dieses erneute Ein- bzw. Ausblenden einer Beschriftung dürfte teilweise verwirrend gewirkt haben.

Neben den verschiedenen Schwierigkeitsgraden der Aufgaben war allerdings das **Merkvermögen** für die Beantwortung der Aufgaben entscheidend. Diese Herausforderung erwies sich bei manchen Teilnehmer und Teilnehmerinnen als große Hürde. Obwohl nach der Pilotstudie der Nutzerstudie der Schwierigkeitsgrad bei Aufgabe 1 und 3 durch das Streichen von Antwortmöglichkeiten vermindert wurde, kam die abnehmende Merk- und Konzentrationsfähigkeit von den verschiedenen Beschriftungen trotz eingebauten Pausen vor allem gegen Ende der Nutzerstudie erschwerend hinzu.

Bei Aufgabe 2 wurde bei der statistischen Auswertung die Anzahl von Links- und Rechtskurven nicht berücksichtigt, doch es konnte ebenfalls festgestellt werden, dass eine höhere Anzahl an Kurven verschiedene Lösungen hervorbrachte. Vor allem die Kombination Heuristik AM4 und ein Wert für maximales Vorkommen von drei mit einer Kurvenanzahl von sieben erwies sich als große Herausforderung. Insgesamt nur neun Personen konnten den exakten Streckenverlauf bei dieser Kombination wiedergeben. Der Streckenverlauf war bei jeder Unteraufgabe verschieden. Zusätzlich stellte sich heraus, dass schnelle Sequenzen von Links- und Rechtskurven ebenfalls zur Verwirrung beitrugen.

In dem folgenden Kapitel wird abschließend die in Kapitel 1 definierte Forschungsfrage diskutiert und Anregungen für weitere Forschungsthemen unterbreitet.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Conclusio

Nach Abschluss der statistischen Auswertung haben sich nun einige wichtige Erkenntnisse in Bezug auf die Lesbarkeit von dynamischer Kartenbeschriftung ergeben. Zu Beginn dieser Arbeit wurde die Forschungsfrage „**Führt dynamische Kartenbeschriftung unter Berücksichtigung unterschiedlicher Optimierungsalgorithmen zu einem Aufmerksamkeitsdefizit seitens des Nutzers bzw. der Nutzerin?**“ definiert.

Für die Beantwortung dieser Frage muss weiter ins Detail gegangen werden. Zunächst wurde für die Untersuchung der Beeinflussung von Flackern und plötzliches Erscheinen von Beschriftungen ein eigenes Aktivitätsmodell „AM4“ eingeführt, um absichtlich eine mögliche Beeinflussung auf den Nutzer bzw. die Nutzerin auszulösen. Grundsätzlich wäre diese Art von Darstellung aufgrund der Einhaltung der Konsistenzkriterien von Been u.a. 2006 [BDY06] und der Implementierung von Optimierungsalgorithmen nahezu unmöglich. Als Ergebnis aus der Nutzerstudie kann festgehalten werden, dass Flackern und plötzliches Erscheinen konkret bei der Beobachtung des Straßenverlaufs und beim Merken der Reihenfolge der Beschriftungen sowie in gewissen Kombinationen aus Heuristik und Zoomverhalten negativen Einfluss auf die Aufmerksamkeit genommen haben. Jedoch war dieser Unterschied nicht so deutlich, wodurch zukünftige Untersuchungen notwendig sind, um nähere Informationen in diesem Bereich zu erlangen.

Die Forschungsfrage kann damit nicht eindeutig beantwortet werden, da es sehr von der Aufgabenstellung abhängig war, wie die Störeffekte wahrgenommen wurden. Die Hälfte der Ergebnisse zeigt einen signifikanten Unterschied, allerdings zeigt die andere Hälfte keinen Einfluss. Aufgrund der Durchführung der Nutzerstudie und den daraus gewonnenen Daten konnten weitere Faktoren ermittelt werden, die zu einer schlechteren Wahrnehmung der Beschriftungen geführt haben.

Einige Nutzer und Nutzerinnen hatten zusätzliche Probleme mit einer hohen Anzahl an Beschriftungen, die gleichzeitig in der Videosequenz angezeigt wurden. Grundsätzlich wird durch die Definition von Aktivitätsintervallen und der Vermeidung von Überlappungen der Beschriftungen automatisch unterbunden, dass zuviele Beschriftungen gleichzeitig vorhanden sind. Zumindest sollten sich im Umfeld einer Beschriftung nicht so viele andere Bezeichnungen versammeln können. Eventuell wäre hier eine genauere Untersuchung empfehlenswert, ab wann die Anzahl der Beschriftungen als zu hoch eingestuft wird.

Des Weiteren hat die Nutzerstudie hervorgebracht, dass die hohe Aufmerksamkeit und das Merkvermögen für einige Teilnehmer und Teilnehmerinnen eine große Herausforderung bei der Beantwortung der Aufgaben war. Dadurch dass eine Auto-Navigation Simulation nachgestellt wurde und auf einem Navigationssystem grundsätzlich Beschriftungen und der Streckenverlauf zu sehen sind, schien es bei der Erstellung der Aufgaben sinnvoll, ebenfalls diese Art von Darstellungen zu überprüfen. Daher wurden zwei Aufgaben mit Fokus auf Beschriftungen generiert und eine für die Überprüfung des Streckenverlaufs. Eventuell gäbe es noch weitere Möglichkeiten, in denen die Präsentation der Beschriftungen in einem Navigationssystem näher untersucht werden könnte, ohne hohes Konzentrationsaufkommen zu fordern. Damit könnte zusätzlich ausgeschlossen werden, dass die Aufmerksamkeit bzw. das Merkvermögen ein Faktor bei der Beantwortung der Aufgaben wird.

Zusätzlich wurden enge Verläufe der Kurven bzw. mehrere Kurven, die aufeinander folgten bei Aufgabe 2 als störend empfunden und führten teilweise zu einem Orientierungsverlust. In der Nutzerstudie wurde scheinbar die Ansicht zu schnell geschwenkt, wodurch dieser

Störfaktor aufgetreten ist. Obwohl bei einer Kurve bereits mindestens doppelt so viele Bildaufnahmen als auf einem geraden Streckenteil in der Simulation gezeigt wurden, war diese Anzahl offensichtlich noch zu wenig für eine angenehme Darstellung. Womöglich wäre die Generierung eines leichteren Kurvenverlaufs bei einer starken Kurve für zukünftige Forschungen von Relevanz, um die Darstellung weiter zu verbessern.

Mit dieser Diplomarbeit konnten weitere wichtige Erkenntnisse zu der Thematik Lesbarkeit von Beschriftungen in dynamischen Karten zusammengetragen werden, welche möglicherweise zukünftige Verbesserungen in der Darstellung von dynamischen Kartenbeschriftungen nach sich ziehen. Konkret wurde der negative Einfluss von Flackern und plötzliches Erscheinen als auch störendes Zoomverhalten in den Simulationen abhängig von der Aufgabenstellung teilweise nachgewiesen. Damit kann bestätigt werden, dass die beiden Konsistenzkriterien *Flackern beim Zoomen (D1)* und *Springen (D2)* (siehe Kapitel 3) zu einem Teil positive Auswirkungen auf die Darstellung der Beschriftungen haben.

Zukünftige Arbeiten sollten zum Ziel haben, die Abbildungen in dynamischen und interaktiven Karten noch weiter zu verbessern, um den Informationsgehalt der Beschriftungen zu erhöhen und die Darstellung der Kartenansicht für die Menschen benutzerfreundlicher zu gestalten.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Abbildungsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 1.1 | Ausgewählte Navigationssysteme für mobile Geräte | 2 |
| 1.2 | Ausgewählte Navigationssysteme für die Darstellung am Desktop | 3 |
| 1.3 | Verschiedene Zoomlevel für den Standort TU Wien | 4 |
| 1.4 | Interaktionsmöglichkeiten in einer dynamischen Kartenansicht | 4 |
| 1.5 | Verschieben der Ansicht für den Standort TU Wien auf der y-Achse | 5 |
| 1.6 | Rotieren der Ansicht für den Standort TU Wien auf der z-Achse | 6 |
| 1.7 | Übersicht der Interaktionsmöglichkeiten für eine dynamische Kameraansicht | 7 |
| 3.1 | Auflistung der Konsistenzkriterien | 14 |
| 4.1 | TML Framework: Strecke Nr. 5 ohne Optimierung | 19 |
| 4.2 | Unterschied Kameraansicht in Framework (links) und exportiertes Bild (rechts) [GNN20, S.3] | 20 |
| 4.3 | Darstellung der Menge aller Endpunkte und den drei Beschriftungen | 25 |
| 4.4 | Kameraansicht während der Animation und nach Export der Kameraansicht | 28 |
| 4.5 | Zusätzliches Aktivitätsmodell ILP AM4 inkl. ILP AM1, ILP AM2 und ILP AM3 | 29 |
| 5.1 | Programm für die Umstellung der Beschriftungen in den Stimuli | 39 |
| 5.2 | Struktur der Webapplikation | 42 |
| 5.3 | Startseite der Nutzerstudie | 44 |
| 5.4 | Tutorial Aufgabe Nr. 1 | 45 |
| | | 83 |

| | | |
|------|--|----|
| 5.5 | Tutorial Aufgabe Nr. 1 inkl. Antwortmöglichkeiten | 46 |
| 5.6 | Tutorial Aufgabe Nr. 2 | 47 |
| 5.7 | Tutorial Aufgabe Nr. 2 inkl. Antwortvergabe | 48 |
| 5.8 | Tutorial Aufgabe Nr. 3 | 49 |
| 5.9 | Tutorial Aufgabe Nr. 3 inkl. Antwortmöglichkeiten | 50 |
| 5.10 | Fortschrittsleiste der Nutzerstudie | 50 |
| 5.11 | Abschlussseite inkl. Auswertung der Nutzerstudie | 51 |
| 5.12 | Datenbankschema für die Speicherung der Eingabedaten | 54 |
| 5.13 | Informatiklabor Q*bert der TU Wien, mit angezeigter Startseite der Nutzerstudie auf den Bildschirmen | 56 |
| 5.14 | Poster und Flyer zum Anwerben von Teilnehmern | 58 |
| 5.15 | Präsentation mit den wichtigsten Informationen | 59 |
| 5.16 | Einzelbefragung der StudienteilnehmerInnen nach Nutzerstudie | 60 |
| 6.1 | Aufteilung des Alters und des Geschlechts zwischen den Teilnehmern und Teilnehmerinnen | 65 |
| 6.2 | Häufigkeit der Nutzung von Navigationssystemen und die beliebtesten genutzten Geräte | 66 |
| 6.3 | Balkendiagramm der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 1 ohne Zoomverhalten | 69 |
| 6.4 | Balkendiagramm der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 1 mit Zoomverhalten | 70 |
| 6.5 | Boxplot der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 2 ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens | 71 |
| 6.6 | Boxplot der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 2 mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens | 72 |
| 6.7 | Balkendiagramm der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 3 ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens | 73 |
| 6.8 | Balkendiagramm der beobachteten Häufigkeit zu Aufgabe 3 mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens | 74 |

Tabellenverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 5.1 | Verwendete Zustände in der Nutzerstudie | 34 |
| 5.2 | Verwendete experimentelle Objekte in der Nutzerstudie | 36 |
| 5.3 | Generierte Stimuli für die Nutzerstudie | 36 |
| 6.1 | Aufgabe 1 - Beobachtete Häufigkeit ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens | 68 |
| 6.2 | Aufgabe 1 - Beobachtete Häufigkeit mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens | 68 |
| 6.3 | Aufgabe 2 - Beobachtete Häufigkeit ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens | 70 |
| 6.4 | Aufgabe 2 - Beobachtete Häufigkeit mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens | 72 |
| 6.5 | Aufgabe 3 - Beobachtete Häufigkeit ohne Berücksichtigung des Zoomverhaltens | 73 |
| 6.6 | Aufgabe 3 - Beobachtete Häufigkeit mit Berücksichtigung des Zoomverhaltens | 74 |



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

Literaturverzeichnis

- [BDY06] K. Been, E. Daiches, and C. Yap. Dynamic map labeling. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 12(5):773–780, 2006.
- [BNNS16] L. Barth, B. Niedermann, M. Nöllenburg, and D. Strash. Temporal map labeling: a new unified framework with experiments. pages 1–10. SIGSPATIAL, 10 2016.
- [FW91] M. Formann and F. Wagner. A packing problem with applications to lettering of maps. In *Proceedings of the Seventh Annual Symposium on Computational Geometry*, SCG '91, page 281–288. ACM, 1991.
- [GNN13] A. Gemsa, B. Niedermann, and M. Nöllenburg. Trajectory-based dynamic map labeling. In *ISAAC: Algorithms and Computation*, volume 8283, pages 413–423. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [GNN20] A. Gemsa, B. Niedermann, and M. Nöllenburg. A unified model and algorithms for temporal map labeling. *Algorithmica*, 04 2020.
- [GNR14] A. Gemsa, M. Nöllenburg, and I. Rutter. Evaluation of labeling strategies for rotating maps. *Journal of Experimental Algorithmics*, 21, 04 2014.
- [HHN11] R. Hatzinger, K. Hornik, and H. Nagel. *R - Einführung durch angewandte Statistik*. Pearson Studium, 2011.
- [Imh75] E. Imhof. Positioning names on maps. *The American Cartographer*, 2(2):128–144, 1975.

- [NHB⁺17] R. Netzel, M. Hlawatsch, M. Burch, S. Balakrishnan, H. Schmauder, and D. Weiskopf. An evaluation of visual search support in maps. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 23(1):421–430, 2017.
- [OKF09] K. Ooms, W. Kellens, and V. Fack. Dynamic map labeling for users. <https://www.semanticscholar.org/paper/DYNAMIC-MAP-LABELING-FOR-USERS-Ooms-Kellens/1219298ac6977ee76030545185b91a985d5fc6f7>, 2009. Zugriff: 24.06.2020.
- [PACE09] S. D. Peterson, M. Axholt, M. Cooper, and S. R. Ellis. Evaluation of alternative label placement techniques in dynamic virtual environments. In *Proceedings of the 10th International Symposium on Smart Graphics*, page 43–55, Berlin, Heidelberg, 2009. Springer-Verlag.
- [Pur12] Helen C. Purchase. *Experimental Human-Computer Interaction: A Practical Guide with Visual Examples*. Cambridge University Press, USA, 1st edition, 2012.
- [Sch15] N. Schwartges. *Dynamic Label Placement in Practice*. Doktorarbeit, Universität Würzburg, 2015.
- [sta] Anzahl der Smartphone-Nutzer weltweit von 2016 bis 2018 und Prognose für 2019. <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/309656/umfrage/prognose-zur-anzahl-der-smartphone-nutzer-weltweit/>. Zugriff: 20.06.2020.
- [Teu18] S. Teutsch. Der Einfluss von Konsistenzkriterien auf die Lesbarkeit von dynamischer Schriftplatzierung in interaktiven Kartendarstellungen. Masterarbeit, Hochschule Anhalt, 2018.

Anhang

Auflistung Dateienverwaltung auf GitHub

Sämtliche relevanten Programme und Dateien, die in dieser Arbeit vorgestellt wurden, sind über den folgenden öffentlichen GitHub-Link aufrufbar:

<https://github.com/VerenaZernpfennig/dipltml> (Stand: 16.08.2020)

Dieses Verzeichnis hat den folgenden Aufbau:

- „TMLFramework“
Temporal Map Labeling Framework inkl. aller Änderungen (siehe Kapitel 4)
Im Ordner „mapsfiles“ sind sämtliche OpenStreetMap-Karten enthalten, die für die Nutzerstudie verwendet wurden (siehe Unterkapitel 5.2)
- „ChangeLabelsOpenStreetMap“
Delphi-Programm für die Erstellung der Stimuli (siehe Unterkapitel 5.2.2)
- „CodeUserStudy“
Implementierung und Datenbank inkl. Daten der Nutzerstudie (siehe Kapitel 5)
- „StatistikDaten“
Diagramme inkl. Werte für die Berechnungen der statistischen Auswertung (siehe Kapitel 6)