

WESTFÄLISCHE WILHELMUS-UNIVERSITÄT MÜNSTER

BACHELORARBEIT

Darstellung von Location Privacy durch Visualisierungen in einer Immersiven Videoumgebung:

Wirkung und Einfluss auf NutzerInnen von Location Based Services

Autor:

Jakob Marten DANEL
jakob.danel@uni-muenster.de
Matr. Nr. 503267

Betreuer:

Sven HEITMANN
sven.heitmann@uni-muenster.de
Prof. Dr. Christian KRAY
c.kray@uni-muenster.de

eingereicht am 13. Juni 2023

Abstract (Englisch)

Educate sensitivity to the handling of personal spatial data is an important aspect in current research on location privacy. As a contribution to this, this work develops visualizations for an immersive video environment that presents possible evaluations of fictitious trajectories. Viewer perceptions were explored with a group ($n = 22$) of location-based service users. They answered a pre-viewing questionnaire and a post-viewing questionnaire, with questions about their interaction with LBS and the data collected, as well as their understanding of location privacy to measure an impact, as well as commented on the impact according to the think-aloud method. These visualizations develop an understanding of location privacy, a more sensitive approach to location privacy, and promote a desire for privacy of personal data. The approach can be used in many different contexts in the future to educate about location privacy.

Abstract (Deutsch)

Die Bildung einer Sensibilität für den Umgang mit persönlichen raumbezogenen Daten ist ein wichtiger Aspekt in der aktuellen Forschung zur Location Privacy. Als ein Beitrag dazu werden in dieser Arbeit Visualisierungen für eine immersive Videoumgebung entwickelt, die mögliche Auswertungen von fiktiven Trajektorien präsentiert. Die Wahrnehmung von Betrachtenden wurde mit einer Gruppe ($n = 22$) NutzerInnen von Location Based Service erforscht. Diese beantworteten einen Fragebogen Vor und einen Fragebogen Nach der Betrachtung, mit Fragen zum Umgang mit LBS und den gesammelten Daten, sowie zum Verständnis von Location Privacy, um einen Einfluss zu messen, sowie äußerten sich zur Wirkung nach der Think-Aloud Methode. Diese Visualisierungen entwickeln ein Verständnis für das Thema Location Privacy, einen sensibleren Umgang mit Location Privacy und fördern den Wunsch nach Privatheit persönlicher Daten. Der Ansatz kann in der Zukunft in vielen verschiedenen Kontexten genutzt werden, um über das Thema Location Privacy aufzuklären.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung	1
1.1.	Motivation	1
1.2.	Forschungsfrage, Beiträge und Ziele der Arbeit	1
1.3.	Struktur der Arbeit	2
2.	Verwandte Arbeiten	2
2.1.	Definition und Umfang des Begriffes Location Privacy	3
2.2.	Analysemöglichkeiten und Schutzmöglichkeiten für persönliche raumbezogene Daten	4
2.3.	Umgang mit dem Thema Location Privacy	6
2.4.	Präsentieren und Unterrichten von Location Privacy	6
2.5.	Immersive Video Environments	7
2.6.	Beschreibung der wissenschaftlichen Lücke	8
3.	Vorstellung der Visualisierungen	8
3.1.	Technischen Voraussetzungen	9
3.2.	Prozess des Erstellens der Visualisierungen	10
3.3.	Konzeptioneller Hintergrund der Visualisierungen	10
3.4.	Visualisierungsarten	11
3.5.	Ergebnisse	13
4.	Methodik	13
4.1.	Fragestellungen und Ziele der Untersuchung	13
4.2.	Bedingungen und Aufbau der Studie	14
4.3.	Datengenerierung	15
4.4.	Datenanalyse	18
4.5.	Diskussion	22
5.	Ergebnisse der Studie	23
5.1.	Zusammensetzung des TeilnehmerInnenfeldes	23
5.2.	Verständnis der Visualisierungsarten	24
5.3.	Unterschiedliche Wirkung der einzelnen Szenarien	27
5.4.	Wirkung der verschiedenen Visualisierungsarten	28
5.5.	Einflüsse der Visualisierungen auf die Einstellungen und den Umgang mit Location Based Services	30
6.	Diskussion	33
6.1.	Zusammenfassung der Ergebnisse	33
6.2.	Verständnis der Visualisierungen	33
6.3.	Wirkung der Visualisierungen	34

6.4.	Einflüsse der Visualisierungen	35
6.5.	Beschränkungen der Generalisierung der Ergebnisse	35
6.6.	Beantwortung der Forschungsfrage	36
6.7.	Ansätze für mögliche Weiterentwicklungen	37
7.	Zusammenfassung und Ausblick	37
 A. Referenzen		 39
	Abbildungsverzeichnis	39
	Tabellenverzeichnis	39
	Literatur	39
 B. Screenshots der Visualisierungen		 40
1.	Aufenthaltsorte	40
2.	Bewegungslinien	41
3.	Vorhersagen	42
 C. Dokumente (Studie)		 43
1.	Vorher-Fragebogen	43
2.	Nachher-Fragebogen	43
3.	Einverständniserklärung	43
4.	Debriefing Informationen	43
5.	Ablaufplan	43
6.	Dokumentierung des Studienablaufs	43
 D. Ergebnisse: Prüfen der Normalisierung		 58
 E. Plagiaterklärung des Studierenden		 62

Abkürzungsverzeichnis

LBS Location Based Service

JRC Joint Research Center

EU Europäische Union

GPS Global Positioning System

POI Point of Interest

IVE Immersive Video Environment

CMS Content Management System

IfGI Institut für Geoinformatik

CSV Comma Separated Values

HCI Human Computer Interaction

PIR Private Information Retrieval

VR Virtual Reality

Stasi Staatssicherheit

DDR Deutschen Demokratischen Republik

ÖPNV Öffentlicher Personen Nahverkehr

1. Einführung

1.1. Motivation

“The digital world has existed for decades, and still most of us know very little about the extent to which our privacy has been invaded.” [1] Dieses Zitat beschreibt die Ambivalenz der heutigen digitalen Welt. Auf der einen Seite erhält man eine dauerhafte Erreichbarkeit und Verfügbarkeit, sowie Zugang zu nahezu allen Informationen zu jeder Zeit und an jedem Ort. Damit einhergehend entsteht ein Risiko für die Privatsphäre: Persönliche Daten können mitgelesen, gespeichert oder missbraucht werden. Davon sind auch Daten mit einem Raumbezug betroffen. Diese Arbeit soll dabei helfen, dass die Gesellschaft eine Sensibilität für das Thema Privacy entwickelt. Sogenannte Location Based Service (LBS), also Dienste, welche auf raumbezogenen Daten basieren, haben einen relevanten Anteil an den Applikationen, welche im Alltag von vielen Menschen genutzt werden. Der Schutz der Privatsphäre dieser Daten sollte eines der höchsten Ziele sein, welches bei der Entwicklung solcher Anwendungen verfolgt wird. Eine wichtige Frage lautet also auch: Wie kann man Menschen das Thema Location Privacy erklären?

Dazu gibt es bereits einige Ansätze, zum Beispiel textuell, kartenbasiert oder spielerisch, diese werden in Kapitel 2.4 vorgestellt. Diese Ansätze erfordern jedoch eine Transferleistung des Erlernten auf die Realität. Diese Arbeit erforscht die Nutzung einer immersiven Videoumgebung zur Bildung im Bereich Location Privacy. Immersive Videoumgebungen können fiktive Situationen realitätsnah abbilden. In dieser Arbeit werden innerhalb der immersiven Videoumgebung Szenen aus dem Alltag dargestellt und mit Informationen, welche aus Daten, die durch Location Based Services gesammelt werden können, erweitert. Die Betrachtenden sollen darüber nachdenken, welcher Umgang mit den eigenen Daten innerhalb eines Location Based Services sinnvoll ist. Auch sollen die Betrachtenden ein Verständnis für die Wichtigkeit Ihrer Daten entwickeln. In dieser Arbeit werden diese Visualisierungen entwickelt und getestet, ob sie von Betrachtenden verstanden werden, sowie ob die Betrachtenden die gezeigten Informationen als kritisch bewerten und ob die Visualisierungen einen Einfluss auf die Beurteilung des Schutzbedarfs räumlicher Daten, den Umgang mit LBS sowie das Verständnis des Themas Location Privacy mit sich bringt. Falls die Visualisierungen die gewünschten Effekte erzielen, kann anhand der Visualisierungen Location Privacy erklärt werden. Außerdem können dann weitere immersive Visualisierungen des Themas Location Privacy entwickelt werden, um die Bildung in diesem Bereich weiterzuentwickeln.

1.2. Forschungsfrage, Beiträge und Ziele der Arbeit

Dieser Abschnitt beschreibt die Beiträge und Ziele dieser Arbeit, sowie die Forschungsfrage und die zu testenden Hypothesen. Der erste Beitrag dieser Arbeit ist die Entwicklung von drei Visualisierungsarten, welche mögliche Informationen, welche mit Daten aus einem Location Based Service gewonnen werden können, darstellt. Diese Visualisierungsarten sind Aufenthaltsorte (häufig besuchte Orte/Points of Interest), Bewegungslinien (In der Vergangenheit passierte Routen) und Vorhersagen (Bewertung der Wahrscheinlichkeit einer zukünftigen Entscheidung). Ein weiterer wichtiger Beitrag ist die Entwicklung eines Konzeptes zur Evaluierung dieser Visualisierungen. Dazu wird ein qualitativer Ansatz entwickelt, Daten zur Bewertung des Verständnisses und der Wirkung der Visualisierungen mithilfe der Think-Aloud Methode zu erheben. Außerdem werden Fragebögen entwickelt, welche Daten zu diesen Fragestellungen erheben. Zusätzlich werden vor und nach dem Betrachten der Visualisierungen Fragen zu dem Umgang mit räumlichen Daten,

Location Based Services und Location Privacy gestellt, um eine Veränderung durch das Betrachten der Visualisierungen zu messen. All diese Evaluationsmethoden wurden in einem zusammenhängenden Ansatz für einen konkreten Durchführungsplan für eine Studie zusammengefasst. Diese Studie wird durchgeführt und mithilfe von aus der Literatur herausgearbeiteten statistischen Evaluationsmethoden ausgewertet. Die Ergebnisse werden präsentiert und visualisiert und Rückschlüsse in Bezug auf die Forschungsfrage gezogen. Die Forschungsfrage dieser Arbeit lautet:

Wie verändern Visualisierungen für eine immersive Videoumgebung, welche mögliche Auswirkungen des Sammelns von raumbezogenen Daten aufzeigen, die Wahrnehmung von Location Privacy innerhalb Location Based Services?

Um die Forschungsfrage zu beantworten, werden die folgenden Hypothesen geprüft:

1. Die Visualisierungen stellen die möglichen Auswirkungen von einer Verletzung von Location Privacy verständlich dar.
2. Die Visualisierungsarten erwirken eine negative Bewertung für das Sammeln von raumbezogenen Daten, die Schwere der Bewertung unterscheidet sich aber zwischen den Visualisierungsarten und teilweise auch innerhalb der Komponenten der Visualisierungen.
3. Die Visualisierungen entwickeln ein besseres praxisbezogenes Verständnis für das Thema Location Privacy.
4. Die Visualisierungen erhöhen das persönliche Schutzmotiv gegenüber räumlichen Daten.
5. Die Visualisierungen sensibilisieren im Umgang mit LBS in Bezug auf dessen Datenaktivitäten und Datenschutzeinstellungen.

1.3. Struktur der Arbeit

Die Arbeit folgt im strukturellen Aufbau der Struktur der Beiträge. Im anschließenden Kapitel wird zunächst das theoretische Fundament, auf dem diese Arbeit aufgebaut ist, erläutert, sowie gezeigt, dass diese Arbeit ein sinnvoller und neuer Beitrag zur Forschung ist. Anschließend werden die entwickelten Visualisierungen vorgestellt, sowie die Ideen und Prozesse, die hinter diesen stehen. Im Anschluss wird die Evaluation dieser Visualisierungen vorgestellt. Zunächst werden die Methoden präsentiert, mit welcher die Studie durchgeführt und ausgewertet werden. Im Anschluss werden die erzielten Ergebnisse vorgestellt. Zuletzt werden die Rückschlüsse aus den Ergebnissen präsentiert, sowie mit diesen die Forschungsfrage beantwortet.

2. Verwandte Arbeiten

In diesem Kapitel werden alle Teileaspekte der Themen, welche für diese Arbeit relevant sind, beleuchtet. Das hat zum einen den Hintergrund, dass die theoretischen Konzepte und Methoden hinter der Arbeit deutlich werden, zum anderen auch um am Ende dieses Kapitels aufzeigen zu können, dass das Thema dieses Themas eine bestehende Lücke versucht zu erörtern und diese Lücke auch eine Relevanz innerhalb des Forschungskontextes aufweist.

Dafür wird zunächst einmal der Begriff Location Privacy definiert, sowie die Datengenerierung durch LBS vorgestellt. Im Anschluss werden dann die möglichen Angriffsvektoren, welche zu einer Verletzung der Location Privacy führen können, beschrieben und gleichzeitig auf mögliche Schutzmechanismen gegen diese Angriffsvektoren hingewiesen. Im Anschluss werden dann Studienergebnisse vorgestellt, wie der allgemeine Umgang mit dem Thema Location Privacy ist, sowie welche Ansätze es gibt, dieses Thema darzustellen. Zuletzt werden dann noch die Vor- und Nachteile der Nutzung eines Immersive Video Environment (IVE)s aufgeführt, sowie einige Beispiele für Nutzungen innerhalb von Studien genannt.

2.1. Definition und Umfang des Begriffes Location Privacy

Um die Arbeit verstehen zu können, muss der Begriff Location Privacy erklärt werden. Location Privacy kann man als Kombination der beiden Themen Privacy und Location betrachten. Ein Bestandteil ist Privacy, welches kein Produkt der digitalen Medien ist, sondern erstmalig am Ende des 19. Jahrhunderts von Warren und Brandeis geprägt wurde, welche das Recht auf Privacy als „right to be let alone“ beschreiben. Privacy beschreibt die Freiheit eines Individuums, die Hoheit über persönliche Belange zu erhalten [2]. Diese erste historische Definition ist noch aktuell. Privacy entspricht im ehesten dem deutschen Wort Privatsphäre und ist ein Recht, welches im Grundgesetz verankert ist. (Art. 2 Abs. 1 i. V. m. Art. 1 Abs. 1 GG). In der modernen Interpretation ist der Begriff stark mit dem Internet verknüpft, jedoch unterscheiden sich einige Interpretationen des Begriffes [3]. Fast alle Definitionen enthalten die Aussage, dass Information Privacy die Kontrolle über das Sammeln und Nutzen persönlicher Daten enthält [4]. Der zweite und nicht weniger wichtige Bestandteil von Location Privacy ist Location. Der Begriff spezifiziert einen konkreten Fall von Privacy, bei der es um Daten mit einem Raumbezug geht, welche meistens durch sogenannte LBS gesammelt und verarbeitet werden. Eine Definition von Location Privacy, welche vom Joint Research Center (JRC) der Europäische Union (EU) veröffentlicht wurde, ist die folgende:

“Location data privacy is the individual’s right not to be subjected to unauthorised collection, aggregation, processing and distribution (including selling) of his location data. It is the right to be protected by the ability to conceal information of whereabouts, which can be derived from personal location data.” [5]

Auch bei Location Privacy gibt es je nach Definition unterschiedliche Schwerpunkte. Beresford und Stajano beschreiben Location Privacy als die Verhinderung des Zugriffs auf den aktuellen oder einen vergangenen Aufenthaltsort einer Person. Hier wird ein Maß für die Schwere der Verletzung der Location Privacy argumentiert: Insbesondere der zeitliche Abstand zwischen zwei Positionen, sowie deren geografische Genauigkeit erhöhen die Möglichkeiten der Analyse und damit die Schwere der Verletzung [6]. Location Privacy lässt sich als das persönliche Recht auf die Selbstbestimmung über die Privatheit persönlicher und raumbezogener Daten beschreiben.

Entscheidend ist hier die Selbstbestimmung, eine Verletzung der Location Privacy besteht nicht, wenn Geodaten freiwillig öffentlich geteilt werden, beispielsweise beim Hinzufügen eines Orts-Tags in einem sozialen Netzwerk. Zwar können bei solchen Features Verletzungen der Location Privacy auftreten, gerade wenn die Daten nicht so behandelt werden, wie in den Geschäftsbedingungen vereinbart wurde. Jedoch geht es vordergründig um Daten aus Location Based Services. Beispiele hierfür sind Navigationssysteme

wie Google Maps¹, Servicedienstleister, zum Beispiel Uber², aber auch soziale Netzwerke wie zum Beispiel Jodel³ [7].

Bei der Einordnung von Location Privacy ist es wichtig, eine Unterscheidung zwischen den Begriffen Security und Privacy zu machen, da diese zwar Ähnlichkeiten haben, jedoch im Grundsatz unterschiedliche Themen beschreiben.

Security beschreibt die Entwicklung von Tools, welche zum Abwehren von unerwünschten Zugriffen auf Rechnersysteme oder Software entwickelt werden. Auch das Trainieren von Soft Skills zum Erkennen von z. B. Phishing-Mails fällt unter den Begriff Security [8]. Hier wird der Unterschied deutlich: Privacy befasst sich mit der Privatsphäre der persönlichen Daten, hauptsächlich um den Schutz der Rechte von NutzerInnen. Bei Security geht es vordergründig um den technischen Schutz der Daten.

2.2. Analysemöglichkeiten und Schutzmöglichkeiten für persönliche raumbezogene Daten

Nachfolgend wird geklärt, wie Verletzungen der Location Privacy überhaupt entstehen können. Dazu werden die Möglichkeiten Personen- und Raumbezogene Daten zu generieren erläutert, sowie die möglichen Analysemöglichkeiten. Anschließend werden auch Schutzmechanismen zur Bewahrung der Location Privacy dargestellt.

Generierung raumbezogener Daten durch LBS

Um Auswirkungen der Analyse von räumlichen Daten betrachten zu können, muss zunächst geklärt werden, um welche Daten es geht und wie diese Daten generiert werden können. Grundsätzlich enthalten raumbezogene Daten Informationen über den Ort (wo?), den Zeitpunkt (wann?) und weitere Informationen mit Relevanz zum jeweiligen Kontext (was?) [9]. Die Abstraktion des Ortes in ein Datum erfolgt zumeist durch eine Repräsentation durch Koordinaten, also als Datenpaar aus Längen- und Breitengrad. Für den Zeitpunkt, gibt es viele verschiedene Standards diesen zu repräsentieren, beispielsweise mit einem Unix-Zeitstempel [10] oder einem standardisierten Format [11]. Die Zusammenstellung der weiteren Daten hängt dann stark von dem Kontext, in welchem die Daten generiert werden, zusammen.

Doch wie werden die Daten überhaupt generiert? Dazu gibt es verschiedene Möglichkeiten, das ganze technisch umzusetzen. Am meisten verwendet wird dafür das Global Positioning System (GPS), welches aus mehreren Abstandsmessungen zu Satelliten einen Standort trianguliert [9], [12]. Aber auch die Verbindung mit Internet Access Points kann zur Generierung einer Koordinate genutzt werden [13]. Eine Vereinigung all dieser Informationen findet zumeist in einer Trajektorie statt. Eine Trajektorie ist ein raumzeitliche Route, welche eine Menge von Paaren von Orten und Zeitpunkten ist [14].

Im vorherigen Kapitel wurde bereits der Begriff Location Based Service (LBS) verwendet, ohne den Begriff einzuführen. LBS sind IT-Anwendungen, welche Informationen auf der Grundlage der geografischen Positionen der NutzerInnen bereitstellt, die Funktionalitäten müssen dabei nicht ausschließlich ortsbasiert sein, in der Praxis haben nur eine Teilmenge der implementierten Funktionen einen Raumbezug [15]. Klassische Funktionen von LBS sind lokalisierte Suchen [15], Navigation oder ortsbasierte Check-ins [16].

¹<https://www.google.de/maps> (Abgerufen am 13. Juni 2023)

²<https://www.uber.com/de/de/> (Abgerufen am 13. Juni 2023)

³<https://advertising.jodel.com/appdownload-en> (Abgerufen am 13. Juni 2023)

Analysemöglichkeiten von persönlichen und raumbezogenen Daten

Ein Ansatz, welcher von Dalenius vorgestellt wurde, ist Quasi-Identifier für Personen. Dieser beschreibt eine Methode, mit welcher aus Attributen innerhalb einer Datenbank ein Rückschluss, auf die tatsächliche Person, zu welcher die Daten zugehörig sind, erfolgen kann [17]. Dieser Ansatz kann zur Deanonymisierung großer Datenmengen verwendet werden [16]. Der Ansatz ist auch für ortsbasierte Trajektorien nutzbar [18], beispielhaft zur Identifizierung einer Person aus Wohn- und Arbeitsort [19].

Viele Ansätze zur Trajektorienanalyse sind darauf ausgelegt, Points of Interests zu identifizieren. Die Bedeutung von Point of Interest (POI) ist kontextabhängig. Technisch gesehen handelt es sich um ein prunkhaftes Geoobjekt, welches einen Ort von Interesse beschreibt. Aus Perspektive der Location Privacy ist ein POI ein über eine Person besonders rückschlussreicher Ort. Im Folgenden werden Methoden vorgestellt, die aus Trajektorien von NutzerInnen eines LBS POIs generieren können. Ein Ansatz dazu ist beispielsweise Clustering, bei dem benachbarte Koordinaten zu Locations via k -Means zusammengefasst werden und anschließend die Aufenthaltsdauer an einem Ort untersucht wird [20]. Zum Finden des Wohnortes einer Person gibt es ebenfalls verschiedene Ansätze, beispielhaft über die Untersuchung des letzten Aufenthaltsortes einer Person an jedem Tag [21]. Viele weiteren Ansätze basieren auf Machine Learning, zum Beispiel durch die Generierung von Aktivitätslabeln mithilfe einer Relational Markov Chain [22].

Abschließend werden nun noch Ansätze skizziert, weitere Informationen aus den Trajektorien und den berechneten POI zu gewinnen. Eine Möglichkeit ist die Generierung einer Next Location Prediction, für eine konkrete Person [23]. Dazu gibt es verschiedene Ansätze, welche sowohl statistische als auch Machine Learning Modelle verwenden. Dazu zählen ein Dynamic Bayesian Modell [24], Multi-Layer Perceptrons [25], Markov Predictor [26] und State Predictor [27]. Eine beispielhafte Auswirkung ist das Durchführen von Location Based Advertising, basierend nicht nur auf Trajektoriendaten, sondern auch auf einer Zuweisung einer Funktion zum Ort [28].

Schutzmechanismen zur Erhaltung der Location Privacy

Zunächst wird das Konzept der k -Anonymität vorgestellt, um anschließend einige Methoden zur Bewahrung der Location Privacy zu betrachten. Die k -Anonymität beschreibt, inwiefern man die Anonymisierung von Daten quantitativ beschreiben kann. Ein Datensatz, welcher k -Anonymität bereitstellt, enthält Daten in einer Form, in der ein Individuum von $k - 1$ anderen Individuen nicht unterschieden werden kann [29]. Der Ansatz beschreibt also, wie sehr der Datensatz einer bestimmten Person unterscheidbar von anderen Datensätzen ist. Das Konzept wird oftmals verwendet, um die Bewertung einer Schutzmethode vorzunehmen.

Der erste Ansatz ist Information Access Control. Dies ist eine Middleware, welche vor der Kommunikation von Location Data zwischen Client und Server eine Bestätigung der NutzerIn einholt, sowie Empfehlungen ausspricht, ob diese Daten übertragen werden sollten oder nicht [30], [31]. Zur Erhaltung der Souveränität über persönliche raumbezogene Daten gibt es auch Open Source Toolkits [32].

Ein Ansatz, zur Anonymisierung von Location Data ist die Mix-Zone, hier werden die Entitäten in einem bestimmten Bereich vermischt. Eine sogenannte Mix Node sammelt n gleich lange Pakete auf und durchmischt diese dann anhand eines vorher definierten Algorithmus [6]. Dadurch kann der Service keine Zuordnung der Anfrage zu einem konkreten Client mehr machen, da die Anfrage durch die Mix Node anonymisiert wurde. Hier ist eine k -Anonymität vorhanden mit $k = n$.

Eine weitere Möglichkeit zur Verschleierung der wahren Position einer Person sind Dummy Locations: Ein

Client schickt reale Daten mit n Dummy Daten an den Server, damit dieser die realen Daten nicht genau bestimmen kann, wichtig ist, dass keine Unterscheidbarkeit zwischen der realen und den fiktiven Daten vorliegt [33]. Hier gibt es einen Trade-Off zwischen der Menge an transferierten Daten und Privacy [34]. Auch interessant zu Wahrung der Location Privacy ist Private Information Retrieval (PIR). PIR ist eine Methode, bei der der Server nicht herausfinden kann, welcher Teil der Datenbank abgefragt wurde, sodass daraus keine Rückschlüsse gezogen werden können [35]. Dieser Ansatz kann zur Wahrung der Location Privacy genutzt werden, um bei einer Serviceanfrage den Standort des Clients zu verschleiern [36]. Für konkrete Umsetzungen gibt es verschiedene Beispiele wie der Ansatz von Paulet, Kaosar, Yi u. a. [36], PIR kann aber beispielsweise auch auf Hardwareebene umgesetzt werden [37].

2.3. Umgang mit dem Thema Location Privacy

“People do not care about Location Privacy” [38], mit dieser Aussage betitelt Krumm sein Kapitel über den menschlichen Umgang mit Location Privacy. Grundsätzlich wurde festgestellt, dass dem Thema Location Privacy nicht viel Wert beigemessen wird [39], [40]. Die perfekte Studie, welche eine allgemeingültige Aussage über das Thema Umgang mit Location Privacy treffen kann, gibt es jedoch nicht. So spielen in die Bewertung zu viele Faktoren, wie die Nützlichkeit des LBS, die Datenschutzeinstellungen, die Datenmenge und die Möglichkeiten des Datenmissbrauchs eine Rolle [38]. Ein Beispiel dafür ist, dass Menschen bereit sind mehr Daten zu teilen, falls Sie durch das Teilen dieser Daten einen Vorteil erwarten [41]. Diesen Effekt gibt es auch in die andere Richtung: Cornwell, Fette, Hsieh u. a. fand heraus, dass Menschen kurz nach einem medienwirksamen Daten-Leak, besonders sorgsam mit Ihren Daten umgehen [42].

2.4. Präsentieren und Unterrichten von Location Privacy

Ein Beispiel für eine Website, welche Privacy versucht zu erläutern, ist TeachingPrivacy. Auf dieser Seite finden sich u.a. 10 Prinzipien, die beim Umgang mit persönlichen Daten im Internet helfen sollen, [43]. Die hier genannten Informationen sind allgemein formuliert, jedoch auch für Geodaten relevant. Auch Informationsseiten zum konkreten Umgang mit LBS in Bezug auf Privacy gibt es [44].

Es gibt auch einige kartenbasierte Ansätze, Personen das Thema Location Privacy näherzubringen. Diese werden zumeist durch eine interaktive Karte umgesetzt, welche in irgendeiner Form über private räumliche Daten aufklärt. Beispielweise generiert die App demografische Daten aus den Bewegungslinien von NutzerInnen und visualisiert diese [45]. Ein weiteres Beispiel ist eine Learning-App, bei der Trajektorien auf einer Karte direkt exploriert werden können [32]. Weitere Ansätze zeigen mögliche Erkenntnisgewinne aus Bewegungslinien innerhalb einer Karte an [46], [47].

Eine weitere Möglichkeit Location Privacy zu vermitteln wurde von Li, Chava und Li entwickelt. Das entwickelte System lässt NutzerInnen Anfragen an einen Demoserver machen. Der Input dieser Anfrage ist eine Koordinate, der Output sind nahegelegene Sehenswürdigkeiten. Am Client lassen sich verschiedene Einstellungen vornehmen, um die tatsächliche Position der Person zu verschleiern. Ein drittes System trackt, wie das Verhältnis vom entstandenen Fehler im Ergebnis, zum Zugewinn an Privatsphäre durch das Verschleiern der Örtlichkeit ist. Diese Informationen werden den TeilnehmerInnen dann nach dem Experiment vorgestellt [48]. Auch spielerisch lässt sich Location Privacy unterrichten. Dazu wurde ein Capture The Flag Ansatz entwickelt, welches spielerisch sowohl Angriffsvektoren als auch Schutzmechanismen erläutert [49].

Ein weiterer spielerischer Ansatz ist von Alemany, Del Val und Garcia Fornes. Der Fokus liegt hier auf dem Umgang mit sozialen Netzwerken in Bezug auf Privacy von Jugendlichen [50].

2.5. Immersive Video Environments

Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit immersiven Videoumgebungen. Oft wird in diesem Zugang auch von Virtual Reality (VR) gesprochen. Ein System, welches einen Effekt der Verbundenheit mit einem Medium schafft, wird als immersiv bezeichnet [51]. Eine Immersion ist also, dass eine Person eine fiktive vorgespielte Situation als nahezu real empfindet. Die perfekte Immersion schafft eine Welt, welche nicht mehr von der Realität unterscheidbar ist und gleichzeitig vollständig interaktiv ist. Dies ist jedoch ein Zustand, welcher nahezu sicher unmöglich zu erreichen ist, [51]. Eine immersive Videoumgebung, versucht eine möglichst real wirkende Situation zu erschaffen [52]. Dazu werden sowohl visuelle als auch auditive Inhalte über eine Hardwarekombination verbreitet [53].

Für einige Implementierungen, insbesondere mit der Verwendung von VR-Brillen, kommt es zu körperlichen Nachwirkungen, wie zum Beispiel Motion Thickness [54]. Insgesamt überwiegen jedoch die Vorteile eines IVEs. Dieses bietet nämlich die Verbesserung der experimentellen Realität: ForscherInnen haben eine direkte Möglichkeit, in die kognitiven Prozesse der TeilnehmerInnen Ihrer Studie einzugreifen. Dies verringert die Variabilität der Ergebnisse, sowie mögliche Fehlerquellen im Experimentdesign [54]. Auch ist eine Entkopplung von der Realität möglich, sodass Inhalte dargestellt werden können, welche fiktiv sind oder die in der Realität nur schwer herstellbar wären [54]. Außerdem ist es einfach in einem IVE Experimente durchzuführen. Zwar sind die initialen Hardwarekosten hoch im Vergleich zu Feldstudien, dennoch können Experimente in einem IVE dann deutlich einfacher und kostengünstig durchgeführt werden [54]. Auch gibt es hier die Möglichkeit, weitere Werkzeuge zur Datenerhebung einzusetzen, beispielsweise Tracking-Systeme zum Erfassen von Bewegungen [54]. Im folgenden gibt es einige Beispiele für die Nutzung von IVEs: In der ersten hier vorgestellten Studie wurde ein IVE genutzt, um Fotos darzustellen. Dieser Aufbau wurde mit einer kleinen Gruppe ($n = 3$) qualitativ evaluiert. Dabei wurden unter bestimmten Bedingungen immersive Funktionen des IVEs festgestellt [55]. Eine weitere Arbeit hat Studien in einem IVE, mit Feldstudien, bzw. Laborstudien verglichen. Dazu mussten die TeilnehmerInnen bestimmte Aufgaben mithilfe eines LBS bewältigen. Die TeilnehmerInnen konnten diese Aufgaben dabei genauso gut lösen, wenn Sie nicht in der realen Welt unterwegs waren, sondern in einem IVE standen und die Umgebung nur virtuell vorhanden war [56]. Auch der Ansatz von Ostkamp und Kray, erkennt IVEs als ein gutes Tool an, da hier die Entfernung zwischen zwei Untersuchungsorten der Studie nicht in der Realität zurückgelegt werden musste [57]. Eine weitere Arbeit fand heraus, dass mithilfe von IVEs deutlich extremere Reaktionen hervorgerufen werden können, als mit statischen Fotos [58]. Auch die Arbeit von Ataei, Degbelo und Kray zeigt, dass IVEs gut genutzt werden können, um fiktionale Szenarien darzustellen [41].

2.6. Beschreibung der wissenschaftlichen Lücke

Es gibt viele verschiedene Ansätze, das Thema Location Privacy einer breiteren Masse beizubringen, mit einem IVE hat das bisher jedoch noch niemand versucht. Zwar gibt es Ansätze, wie die Arbeit von Ataei, Degbelo und Kray, diese nutzen ein IVE jedoch als ein zusätzliches Werkzeug, um eine Immersion zu erzeugen und nicht als das Medium, mit welchem die Informationen über Location Privacy transportiert werden

[41]. Der Unterschied zu den anderen Ansätzen ist hier, dass die Geoinformation direkt in der Realwelt dargestellt werden kann und muss nicht durch eine kognitive Transferleistung von der lernenden Person beispielsweise aus einer Karte in die Realwelt transportiert werden. Diese Arbeit präsentiert empirische Daten, wie das Betrachten von Lerninhalten zu Veränderungen im Umgang mit LBS oder der Wahrnehmung von Location Privacy führt. Diese Informationen sind für zukünftige Arbeiten relevant, welche sich mit der Vermittlung von Inhalten im Bereich Location Privacy auseinandersetzen. Durch den Vergleich der verschiedenen entwickelten Visualisierungsarten, lassen sich zudem neue Erkenntnisse zu dem menschlichen Umgang mit Location Privacy gewinnen. Die Arbeit evaluiert, welche Aspekte der Location Privacy als besonders wichtig empfunden werden. Daraus kann die Information gewonnen werden, welche Aspekte von Location Privacy in zukünftigen Ansätzen zum Lehren des Themas in besondere Weise fokussiert werden sollte.

Das Thema hat eine hohe Relevanz im Bereich der Location Privacy Forschung. Wie in Kapitel 2.2 aufgeführt, sammeln LBS viele raumbezogene Daten. Aus diesen Daten können viele sehr private Informationen gewonnen werden, wobei die NutzerInnen des LBS dabei keine Kontrolle darüber haben, inwiefern diese Daten ausgewertet werden (siehe Kapitel 2.2). Es gibt durchaus Schutzmechanismen (siehe Kapitel 2.2), aber Menschen neigen dazu dem Thema keinen hohen Stellenwert beizumessen, wie in Kapitel 2.3 genauer erläutert wird. Daher ist das Thema dieser Arbeit wichtig, es besteht ein deutlicher Handlungsbedarf: Es gibt ein hohes Angriffspotential bei einem geringen öffentlichen Interesse. Um die Bildung im Bereich Location Privacy voranzutreiben, gibt es zwar Ansätze, jedoch noch keinen mithilfe eines IVEs. Ein IVE bietet jedoch ein sehr hohes Potenzial, da es viele Vorteile gegenüber einem klassischen Ansatz besitzt, wie bereits in Kapitel 2.5. Auch die Idee der Visualisierungen lassen sich in dieser Form nur in einem IVE umsetzen. Allein technisch wäre ein Zeigen der Overlays in der Realwelt aus trivialen Gründen nicht möglich. Auch ein tatsächliches Besuchen aller in der Videoumgebung gezeigten Orte würde den Rahmen einer solchen Umsetzung sprengen und den Ansatz in praktikabel machen. Dieser Ansatz schafft eine neue Ebene der realitätsnahe der Erklärungsversuche. Die BetrachterInnen können die Gefahren direkt an der Lokalität sehen. Die Auswirkungen verlassen so den Unterrichtsraum und finden in der realen Welt statt.

Diese Lücke wird mit den im folgenden Kapitel beschriebenen Visualisierungen versucht zu schließen. Die nachfolgend erläuterte Studie evaluiert, ob der vorgeschlagene Ansatz verständlich ist und einen tatsächlich messbaren Einfluss auf BetrachterInnen haben kann.

3. Vorstellung der Visualisierungen

In diesem Kapitel werden der Prozess der Entwicklung der Visualisierungen vorgestellt, sowie die getroffenen Entscheidungen erläutert. Die Visualisierungen sind die Grundlage der Arbeit, nur mithilfe dieser ist die Beantwortung der Fragestellung möglich. Das Ziel der Visualisierungen ist es, zu visualisieren, welche Informationen aus durch LBS gesammelte räumliche Daten gewonnen werden können. Um dieses Ziel zu realisieren, wurden drei verschiedene Arten von Visualisierungen entwickelt. Wichtige vergangene Aufenthaltsorte, sogenannte POI werden als Marker mit zusätzlichen Informationen positioniert, eine weitere Visualisierungsart stellt Bewegungslinien dar. Die letzte Visualisierungsart fokussiert sich auf das Anzeigen von Vorhersagen eines zukünftigen Verhaltens.

Im folgenden Abschnitt werden daher zunächst die technischen Voraussetzungen beschrieben, mit denen

das Projekt umgesetzt wurde. Anschließend wird der Prozess der Erstellung, sowie die zugrundeliegenden Ideen vorgestellt. Außerdem werden die entwickelten Visualisierungsarten detailliert vorgestellt.

3.1. Technischen Voraussetzungen



Abbildung (1): Hardwarearchitektur des IVEs. Vordergründig die drei Leinwände, auf die eine beispielhafte Visualisierung mithilfe von drei Beamern, welche sich auf der Rückseite der Leinwände befinden, projiziert werden. *Eigene Aufnahme vom 26. April 2023*

Um ein Verständnis für den Entwicklungsprozess schaffen zu können, werden hier zunächst einmal die genutzten Ressourcen beschrieben. Als Grundlage für die Visualisierungen dient das IVE [57]. Das IVE sind aus Hardwaresicht gesehen, drei Beamer, welche auf eine Leinwand in einem abgedunkelten Bereich ausgerichtet sind, welche über einen Rechner gemeinsam angesteuert werden können (siehe Abbildung 1). Dadurch können hier Videos mit einer sehr großen Breite abgespielt werden, welche einen großen Winkel des realen Ausschnittes abbilden können. Diese Hardware wird über eine eigene Webanwendung angesprochen, welche Videos abspielen kann, sowie ein Content Management System (CMS) zugrunde liegen hat. Mithilfe dieses CMS können Bilder als Overlays innerhalb der Videos platziert werden. Diese Overlays sind Bilddateien, welche mithilfe eines eigenen Tools rotiert, skaliert und translatiert werden können.

3.2. Prozess des Erstellens der Visualisierungen

Im Folgenden wird kurz die technische Vorgehensweise zur Erstellung der Overlays erläutert. Als Tool zu Erstellung wurde die quelloffene Bildbearbeitungssoftware GIMP verwendet⁴. Die Overlays wurden modular designt, das bedeutet zum einen, dass die Overlays erst innerhalb des CMS vom IVE in die richtige Position, Größe und Drehung gebracht werden und zum anderen, dass ein Overlay mehrmals innerhalb der gesamten Visualisierung verwendet werden kann. (Dies wurde insbesondere bei der Visualisierungsart Bewegungslinien eingesetzt.) Für die prototypische Entwicklung wurde das zugrundeliegende Video zunächst lokal gespeichert⁵, ein einzelner Frame generiert (mithilfe des Tools ffmpeg⁶), um dann mithilfe des Frames als Hintergrund die Assets entsprechend auszurichten. Diese Assets entstanden teilweise auf Grundlage einfacher Vorlagen, welche über entsprechenden Urheberrechtsbedingungen verfügen.

3.3. Konzeptioneller Hintergrund der Visualisierungen

Umsetzung in Szenarien

Die Grundidee ist es, alle Visualisierungen in drei verschiedenen Videos umzusetzen. Diese Videos sollen konkrete Alltagssituationen repräsentieren und filmen einen öffentlichen Ort in einer alltäglichen Situation. Diese Videos wurden im Laufe früherer Studien innerhalb des IVEs aufgenommen. Dabei stellt ein Video eine Wohngegend dar, ein Video eine Gegend der Mobilität, sowie ein Video ein typisches Arbeitsumfeld dar. Alle drei Videos sind dabei innerhalb der Innenstadt Münsters lokalisiert. Die Wohnsituation wurde aufgenommen in der Frauenstraße an der Kreuzung zur Jüdefelder Straße/zum Krummen Timpen mit Blickrichtung Krummer Timpen. Die Mobilitätssituation wurde vor dem Hauptbahnhof aufgenommen (vor der Modernisierung des Hauptbahnhofes von 2017⁷), mit Blick aus der Windhorststraße auf die Fußgängerquerung über die Bahnhofsstraße. Die Arbeitssituation wurde vor dem GEO1 Gebäude (Heisenbergstraße 2) aufgenommen, mit Blickrichtung zur Corrensstraße bzw. zu den Fahrradabstellplätzen. Im folgenden werden die verschiedenen Videos auch als Szenarien beschrieben.

Erstellung von drei verschiedenen Visualisierungsarten

Insgesamt entstehen im Rahmen der Arbeit drei verschiedene Visualisierungsarten. Eine Visualisierungsart visualisiert einen Teilbereich der Location Privacy in jedem der drei Szenarien. Die Visualisierungsarten sind Aufenthaltsorte, Bewegungslinien und Vorhersagen. Alle drei Visualisierungsarten versuchen auf verschiedene Weisen die Auswertung von raumbezogenen Daten, welche durch LBS gesammelt werden, darzustellen. Dabei werden kein realer Datensatz als Grundlage verwendet, sondern fiktive Daten, welche typische Alltagssituationen darstellen sollen. Die Visualisierungen verwenden verschiedene Abstraktionslevel der Daten, startend von einer reinen Aufbereitung der Daten bis hin zur Interpretation der Daten, das Abstraktionslevel unterscheidet sich dabei teilweise auch innerhalb einer Visualisierungsart. Alle Visualisierungen sind konkret auf das zugrundeliegende Video angepasst, das bedeutet, dass ein Transfer einer Visualisierung in ein anderes Video ohne Informationsverlust im Allgemeinen nicht möglich ist.

⁴<https://www.gimp.org/> (Abgerufen am 13. Juni 2023)

⁵<https://curl.se/> (Abgerufen am 13. Juni 2023)

⁶<https://ffmpeg.org/> (Abgerufen am 13. Juni 2023)

⁷<https://www.wn.de/muenster/der-hauptbahnhof-offnet-seine-pforten-1464720> (Abgerufen am 13. Juni 2023)

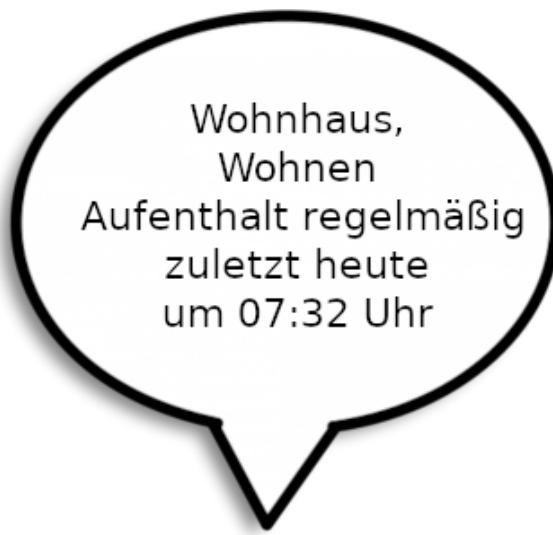


Abbildung (2): Beispiel für eine der designten Sprechblasen, welche innerhalb der Videos platziert wurden. Im allgemeinen werden die folgenden Punkte dargestellt: Beschreibung der Lokalität; Beschreibung der Funktion, welche die Lokalität einnimmt; Die Häufigkeit des Aufenthaltes an der entsprechenden Lokalität. Insbesondere werden hier auftretende Muster im Bereich der Uhrzeit oder der Wochentage aufgeführt; Der letzte Besuch der Örtlichkeit, beschrieben durch einen vom aktuellen Zeitpunkt relativen Zeitstempel

3.4. Visualisierungsarten

In den folgenden Abschnitten, werden die drei Visualisierungsarten vorgestellt, dabei werden für jede Art die dargestellten Inhalte beschrieben, die zugrundeliegende Bedeutung vor dem Hintergrund der Transferleistung, welche erbracht werden muss, um aus den Inhalten die Bedeutung zu erkennen. Außerdem wird erläutert, welche visuellen Variablen verwendet wurden und warum.

Aufenthaltsorte

Die erste Visualisierungsart ist *Aufenthaltsorte*. Diese soll explorativ darstellen, welche Informationen durch LBS gewonnen werden können. Dafür werden innerhalb des Videos Marker gesetzt, welche die gewonnenen Informationen zu der Lokalität darstellen sollen (siehe Abbildungen B.1, B.2 und B.3). Diese Marker haben die Form einer Sprechblase und zeigen die Informationen textuell an (vergleiche Abbildung 2) Die gezeigten Information repräsentieren die Generierung von POIs aus Trajektorien, welche u.a. Wohn- und Arbeitsort differenzieren können [21]. Es gibt viele dieser Ansätze POIs zu generieren, einige davon sind in Kapitel 2.2 beschrieben. Auch Frequenz und Aufenthaltsdauer lassen sich aus den Trajektorien direkt bestimmen. Es gibt außerdem Ansätze, welche direkt Labels wie "Wohnen" und "Arbeiten" den POIs zusprechen [22]. In den Sprechblasen wurden dabei verschiedene Aspekte in den Bereichen Häufigkeiten und letzter Besuch aufgegriffen, die aufzeigen sollen, wie weitreichend die Auswirkungen sein können. Beispielsweise zeigt eine Sprechblase auf, dass ein Ort das letzte Mal im Jahr 2019 aufgesucht wurde, was aufzeigen soll, wie einschneidend in die Privatsphäre durch LBS gesammelte Daten sein können. Die Sprechblasen sollen zudem verdeutlichen, dass aus den Datensätzen auch die konkreten Funktionen einer Örtlichkeit herausgelesen werden können. Dies wird trivialerweise direkt über die Anzeige der Funktion des Ortes gelöst, zum anderen

aber auch, indem typische Verhaltensmuster für bestimmte Orte aufgezeigt werden, beispielsweise dass die Arbeit nur an Werktagen aufgesucht wird. Die BetrachterInnen der Visualisierung sollen ein Verständnis erlangen, welche Informationen aus Daten, welche durch LBS gesammelt werden können, generiert werden können. Um dieses Verständnis erlangen zu können, muss eine keine Transferleistung erbracht werden, da die Informationen direkt an der entsprechenden Lokalität textuell angezeigt werden. Die Entscheidung, die Informationen textuell und nicht über visuelle Variablen zu vermitteln, obliegt dem Hintergrund, dass es eine große Anzahl an darzustellenden Informationen gibt, wobei die Menge an Datenpunkten pro Variable recht gering ist. Daher wäre die Überflutung durch visuelle Variablen, welche mit erhöhtem Aufwand verstanden werden muss, gegenüber dem Ertrag, dass nur wenige Daten damit verständlich werden können, nicht gerechtfertigt. Konkret übersteigt die Anzahl der Variablen ($n = 4$) die Anzahl der Lokalitäten pro Video ($2 \leq m \leq 3$). Das Ziel der Visualisierungsart ist es, dass die BetrachterInnen der Visualisierung darüber aufgeklärt werden, welche Informationen durch LBS generiert werden können und was dies für Auswirkungen auf die persönliche Location Privacy hat.

Bewegungslinien

Ein weitere entwickelte Visualisierungsart sind *Bewegungslinien*. Diese stellen fiktive, in der Vergangenheit verfolgte Wege innerhalb der Videos dar. Der Weg wird visuell durch eine Menge von Punkten innerhalb des Videos repräsentiert. Diese Linien sind richtungslos. Über fünf verschiedene Farbstufen, in denen die Punkte gefärbt sind, wird eine weitere Information angezeigt. Die Farbe soll die Geschwindigkeit der Bewegung realisieren, wobei diese Information nicht angegeben angegeben wird, sodass die BetrachterInnen die Aussage hinter der Farbgebung selbst erschließen sollen. Zusätzlich befindet sich an jeder Bewegungslinie ein Symbol, welches das Fortbewegungsmittel, welches zum Passieren der Bewegungslinie genutzt wurde repräsentiert. Diese Symbole sind selbsterklärend und bedürfen keiner weiteren Erläuterung. Die Visualisierungen verwenden Symbole für FußgängerInnen, FahrradfahrerInnen und AutofahrerInnen. Die Bewegungslinien sind so angepasst, dass Sie eine zentrale Örtlichkeit des Videos hervorheben, beispielsweise, in dem die Bewegungslinien auf diese Örtlichkeit zulaufen (siehe Abbildungen B.4, B.5 und B.6). Diese Visualisierungsart basiert auf der Grundlage von raumbezogenen Daten, nämlich Trajektorien. Aus den zusätzlichen Zeitstempeln lassen sich außerdem Geschwindigkeiten generieren, mit welchen wiederum die Färbung der Trajektorien, sowie die Kategorisierung hin zu einem Verkehrsmittel erfolgen kann. Die Transferleistung ist bei dieser Visualisierungsart erhöht gegenüber den Aufenthaltsorten, da die BetrachterIn eine Deutung der farblichen Hervorhebung vornehmen muss, sowie die Hervorhebung der zentralen Örtlichkeit eines Videos schlussfolgern muss. Das Ziel der Visualisierungsart ist es, dass die Person darüber nachdenkt, welche Rückschlüsse aus der Auswertung vergangener Bewegungen gezogen werden können. Auch soll die Person ein Interesse entwickeln, welche Informationen über die Farbe transportiert werden sollen.

Vorhersagen

Die letzte Visualisierungsart sind *Vorhersagen*, welche mögliche zukünftige Entscheidungen der BetrachterIn darstellen sollen. Dabei werden verschiedene Optionen dargestellt. Die Richtung, in die die Person sich bewegen könnte, wird mit einem roten Pfeil dargestellt, welcher eine Beschriftung aufweist. Diese Beschriftung besteht aus zwei Teilen. Zum einen wird eine Beschreibung des möglichen Zielortes erbracht, zum Beispiel Arbeit, zum anderen eine Eintrittswahrscheinlichkeit, dass der angezeigte Zielort von der Person

angesteuert wird (siehe Abbildungen B.7, B.8 und B.9). Vorhersagen oder auch Next Location Prediction, sind eine typische Auswertungsmöglichkeit von persönlichen Trajektorien. Die genaueren Vorgehensweisen dazu sind in Kapitel 2.2 vorgestellt worden. Diese Visualisierungsart ist sehr abstrakt gehalten. Die BetrachterInnen müssen eine sehr hohe Transferleistung erbringen, um die gezeigten Elemente als eine Vorhersage der Entscheidung zu erbringen. Das Ziel dieser Visualisierung ist es, dass die BetrachterInnen der Visualisierungen darüber nachdenken, welche Informationen zu Generierung des Wahrscheinlichkeitsmodells genutzt wurden. Außerdem soll die BetrachterIn über mögliche Konsequenzen nachdenken, wenn Ihr eigenes zukünftiges Handeln vorhergesagt werden kann.

3.5. Ergebnisse

Insgesamt sind für die Arbeit drei Visualisierungsarten entstanden. Jede Visualisierungsart wurde innerhalb eines Videos umgesetzt, sodass insgesamt neun Szenen entstanden sind, welche Location Privacy verständlich machen sollen. Die Visualisierungsarten unterscheiden sich in den zu erbringenden Transferleistungen, welche zum Verständnis und damit auch zum Erreichen des Ziels der Visualisierungsart erbracht werden müssen. Das Erreichen dieser Ziele wird u.a. innerhalb der Studie, welche im Folgenden erläutert wird, evaluiert. Im Anhang (B) finden sich Screenshots der Visualisierungen.

4. Methodik

In diesem Kapitel werden die Methoden vorgestellt, welche genutzt werden, um die in Kapitel 3 vorgestellten Visualisierungen zu evaluieren. Dazu wurde eine Studie durchgeführt, welche sowohl quantitative als auch qualitative Daten erhoben hat. Zuerst werden dazu die Fragestellungen und Ziele der Evaluation vorgestellt. Anschließend wird der Ablauf vorgestellt, bei dem die StudienteilnehmerInnen die Visualisierungen zusehen bekommen. Dieser wird im folgenden auch als das Experiment bezeichnet. Auch der generelle Ablauf der Studie wird skizziert. Der folgende Abschnitt widmet sich der Datengenerierung und der TeilnehmerInnen Akquirierung. Im Anschluss wird dann vorgestellt, wie die quantitativen und die qualitativen Daten ausgewertet werden. Zuletzt werden getroffene Entscheidungen, zu gewählten Methoden diskutiert.

4.1. Fragestellungen und Ziele der Untersuchung

Die Visualisierungen werden auf Verständlichkeit, Wirkung und Einfluss untersucht. Bei der Verständlichkeit soll die Frage geklärt werden, ob und zu welchem Grad die Visualisierungen selbsterklärend sind. Auch soll geklärt werden, ob die Visualisierungen die theoretisch erdachten Reaktionen, bei den BetrachterInnen erreichen oder diese die Visualisierungen auf eine andere Art interpretieren. Dafür wird jede Visualisierungsart einzeln untersucht und ein Gesamtergebnis aus der Zusammenfassung erarbeitet. Für die Wirkung der Visualisierung soll untersucht werden, ob die Visualisierungen Information zeigen, welche als vertraulich bewertbar sind. Auch hier soll die Unterscheidbarkeit zwischen den einzelnen Visualisierungsarten gewährleistet werden. Der Einfluss der Visualisierungen soll als Gesamtpaket aller Visualisierungen untersucht werden. Hier wird überprüft, ob es zu einer Änderung im Umgang mit LBS und den gesammelten raumbezogenen Daten gibt. Auch soll untersucht werden, ob das Verständnis des Themas Location Privacy durch die Visualisierungen verändert wird. Das Ziel der Evaluation ist die Beantwortung der in diesem Ab-

schnitt genannten Fragestellungen, außerdem soll eine Bewertung der Aussagekraft der einzelnen Antworten erfolgen.

4.2. Bedingungen und Aufbau der Studie

In diesem Abschnitt wird zum einen der Aufbau des Experimentes vorgestellt, sowie der Ablauf einer Studiendurchführung beschrieben.

Vorstellung des Experimentes

Das Zeigen der drei Visualisierungsarten wird nachfolgend Experiment genannt. Die einzige unabhängige Variable innerhalb des Experimentes sind die Visualisierungsarten. Die unterschiedlichen Szenarien, in welchen die Visualisierungsarten stattfinden, stellen keine unabhängige Variable dar, da die Visualisierungsarten konzeptionell so designt wurden, dass alle drei Szenarien innerhalb der definierten Reihenfolge gezeigt werden. In der Studie wird mit der Within-Subject Methode gearbeitet. Das Within-Subject Design beschreibt den Experimentaufbau, es besagt, dass alle TeilnehmerInnen der Studie allen unabhängigen Variablen in einer bestimmten Reihenfolge ausgesetzt werden [59]. Dieses bringt zwei Effekte mit sich, welche das Ergebnis der Studie verzerrn könnten. Zum einen der Learning Bias, also dass TeilnehmerInnen während der Durchführung bestimmte Muster erlernen und zum anderen ein Fatigue Bias, dieser beschreibt den Effekt der Ermüdung/Sättigung von den Eindrücken der Studie [59]. Zur Verhinderung der Verzerrung der Ergebnisse durch die beiden Biase wird die unabhängige Variable Visualisierungsart den TeilnehmerInnen in einer randomisierten Reihenfolge vorgestellt. Dies hat zwei entscheidende Effekte: Eine systematische Abhängigkeit zwischen den Ausprägungen der unabhängigen Variablen kann nicht entstehen (Dies wäre der Fall, wenn Visualisierungsart B nur mithilfe der Informationen, welche in Visualisierungsart A vorgestellt werden, verstanden werden kann.) und der Learning Bias bzw. Fatigue Bias verzerrt nicht das Gesamtergebnis der Untersuchung, sondern verteilt sich gleichermaßen auf alle Ausprägungen der unabhängigen Variable. Die Sequenz der Reihenfolge wurde mithilfe der Website random.org generiert⁸.

Ablauf einer Studiendurchführung

Im folgenden Abschnitt wird der Ablauf einer Studiendurchführung skizziert, sowie die allgemein hergestellten Bedingungen dokumentiert. Der genaue Aufbau der Fragebögen zur Generierung der quantitativen Daten (siehe Kapitel 4.3) sowie die Strukturierung der Think-Aloud Studie während des Experimentes (siehe 4.3) werden in den entsprechenden Kapiteln zur Datengenerierung detaillierter beschrieben.

Die TeilnehmerInnen absolvierten die Studie jeweils alleine, um eine mögliche gegenseitige Beeinflussung zu vermeiden. Während des Experimentes herrschten, der Studie befanden sich nur der Forscher, sowie die TeilnehmerIn der Studie innerhalb des Raumes. Auch dies aus dem Grund, dass eine Beeinflussung durch Dritte verhindert werden sollte.

Der Ablauf während der Studie wurde stichpunktartig in einem Ablaufplan dokumentiert (siehe C.13 und Abbildung 3). Für jeden Durchlauf der Studie wurde ein Dokumentationsblatt angelegt, wo eventuelle Probleme notiert wurden (siehe C.14). Dies hat den Hintergrund, dass eventuell systematisch auftretende

⁸<https://www.random.org> (Abgerufen am 13. Juni 2023)



Abbildung (3): Skizzierung des Ablaufplans der Studie, Ablauf der Studie in Pfeilrichtung, mit den Inhalten, welche stichpunktartig festgehalten wurden.

Missverständnisse oder unklare Instruktionen im Nachhinein erkannt werden können und ggf. in die Evaluierung mit einbezogen werden können. Die Studie wurde im Zeitraum vom 08. Mai bis zum 17. Mai 2023 durchgeführt. Für die Teilnahme an der Studie wurde eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 10€ ausgezahlt. Zum Testen des Studiendesigns wurde eine Pilotstudie durchgeführt ($n = 2$). Die aus der Pilotstudie gewonnenen Erkenntnisgewinne, sowie die resultierenden Änderungen im Studiendesign werden im nachfolgenden Kapitel behandelt.

4.3. Datengenerierung

In diesem Abschnitt wird erläutert, welche Daten zur Evaluation generiert wurden. Es wird geklärt, welche Daten gesammelt wurden, wie diese Daten gesammelt wurden und warum genau diese Daten generiert werden sollten.

Akquirierung von Versuchspersonen

Das Ziel bei der Zusammenstellung des TeilnehmerInnenkreises war eine in Bezug auf Geschlecht, Alter und Bildungsgrad möglichst diverse Gruppe. Da die Visualisierungen als Ziel haben, möglichst für viele Menschen verständlich zu sein, soll die Gruppe der StudienteilnehmerInnen möglichst repräsentativ für die Gesellschaft sein. Zur Akquirierung der TeilnehmerInnen wurden verschiedene Wege gewählt. Dazu zählen private Netzwerke, Messaging Dienste, welche von der Universität betrieben werden oder am Institut für Geoinformatik (IfGI) oft genutzt werden. Außerdem wurde eine Anzeige auf der Website des AStAs der Universität Münster geschaltet ⁹. Auch über die Social-Media-Kanäle der Fachschaft des IfGI wurde eine Anzeige verbreitet. Zur Sammlung aller relevanten Informationen wurde eine Website mit allen relevanten Informationen zusammengestellt ¹⁰. Insgesamt wurden die TeilnehmerInnen sowohl aus privaten, als auch aus universitären Kreisen akquiriert. Ein Vorgehen, was in Studien, mit ähnlichen TeilnehmerInnenzahlen,

⁹<https://www.astas.ms/> (Abgerufen am 13. Juni 2023)

¹⁰<https://jakobdanel.github.io/> (Abgerufen am 13. Juni 2023)

üblich ist [41], [60], [61]. Mit Personen, welche Interesse an der Studie gezeigt haben, wurde via Mail ein individueller Termin vereinbart. Die Anzahl an Interessierten war höher, als die aus Kapazitätsgründen maximal durchführbare Anzahl Studienläufe, wurden die TeilnehmerInnen nach Eingang Ihrer Anfrage ausgewählt.

Quantitative Daten

In diesem Abschnitt wird die Erhebung der quantitativen Daten erläutert. Diese Daten wurden durch zwei Fragebögen erhoben, jeweils direkt vor und direkt nach Durchführung des Experimentes (Diese Fragebögen werden im Folgenden als Vorher-Fragebogen und als Nachher-Fragebogen bezeichnet). Während der Beantwortung hatten die TeilnehmerInnen die Möglichkeit, Rückfragen an den Forscher zu stellen. Um in das Thema einzuführen, befindet sich auf dem Vorher-Fragebogen ein einführender Text, welcher erklärt, was in der Studie erforscht werden soll, was ein LBS ist und was Location Privacy ist. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass die StudienteilnehmerInnen abgeholt werden sollen und der unterschiedliche Stand des Vorwissens dieser vereinheitlicht werden soll. Auch sind einzelne Items der Fragebögen sonst nicht verständlich. Zudem sind die Erklärungen sinnvoll, damit der Kontext zu den dargestellten Visualisierungen ersichtlich wird. Dies ist ein Vorgehen, welches auch in anderen Arbeiten genutzt wurde. Beispielsweise durch das Aufklären über das Thema, jedoch nicht über die Einzelheiten [41] oder über das Führen eines strukturierten Interviews, welches auf die Punkte Location Privacy und persönliche Daten eingeht, [61]. Im Folgenden werden die drei Komponenten detailliert erläutert.

Persönliche Daten Die Fragen zu den persönlichen Daten wurde zu Beginn des Vorher-Fragebogens gestellt, nach dem einführenden Text. Die Fragen zielen auf demografische Daten (Alter, Bildungsgrad und Geschlecht der TeilnehmerIn), Vorerfahrungen im Bereich Geoinformatik, sowie auf das Nutzen von LBS. Die Fragen dienen der Evaluation der in Kapitel 4.3 beschriebenen Anforderungen an die TeilnehmerInnen. Nahezu alle Fragen wurden geschlossen formuliert, sodass die Daten kategorial oder ordinal skaliert sind. Ausnahmen sind das Alter, als freies Antwortfeld, sowie die Möglichkeit ein ähnliches Studium als Freitext anzugeben. Eine Evaluation der Zusammensetzung der TeilnehmerInnen ist ein de facto Standard für Studien [41], [48], [60]–[62].

Vorher/Nachher Daten Die Items sind hier jeweils exakt gleich formuliert, das Ziel ist das Untersuchen von Veränderungen in den Antworten. Die Aussagen beziehen sich auf den Schutzbedarf von räumlichen Daten, den Umgang mit LBS in Bezug auf Datenschutzeinstellungen, sowie die Wahrnehmung des Themas Location Privacy. Diese Items haben das Ziel herauszufinden, wie wichtig das Thema Privatsphäre gesehen wird, ob das Thema Location Privacy den TeilnehmerInnen ausreichend bekannt ist, sowie wie der Umgang mit LBS ist. Insbesondere soll zu diesen Punkten herausgefunden werden, ob es eine Veränderung nach dem Betrachten der Visualisierungsarten gegeben hat. Die Antwortmöglichkeiten hier befanden sich auf einer 5-stufigen Likert-Skala mit Antwortmöglichkeiten von “Stimme überhaupt nicht zu” bis zu “Stimme voll und ganz zu”. In Kapitel 4.5 befindet sich die Erläuterung, warum sich für diese Antwortskala entschieden wurde. Die Erarbeitung der Themen Privacy, sowie Umgang mit LBS, wurden bereits in der Arbeit von Li, Chava und Li mithilfe von Vorher-/Nachher-Fragebögen erarbeitet [48].

Daten zur Evaluierung der Visualisierungsarten Diese Daten werden auf dem Nachher-Fragebogen erhoben. Je Visualisierungsart gibt es je ein Item zum Verständnis der Visualisierungsart, wie intuitiv verständlich die Visualisierungen waren, sowie wie hoch die Auswirkungen einer Privacy Verletzung bei den gezeigten Informationen eingeschätzt wird. Diese Daten sollen verwendet werden, um eine Evaluierung der einzelnen Visualisierungsarten vornehmen zu können, sowie eine Vergleichbarkeit herstellen zu können. Auch diese Daten wurden auf derselben 5-Punkt Likert-Skala wie die Vorher/Nachher-Daten erhoben.

Die Daten wurden mithilfe von zwei Papierbögen erhoben (siehe C.3 und C.7). Jeder Bogen wurde mit einer ID beschriftet, sodass eine Zuordnung der jeweiligen Vorher/Nachher Daten erfolgen konnte. Die Daten wurden mithilfe der Anwendung LibreOffice Calc in einer Comma Separated Values (CSV) Datei zusammengefasst. Die Fragebögen wurden anschließend sowohl analog als auch digital archiviert.

Qualitative Daten

Während des Experimentes wurden auch qualitative Daten erhoben. Im Folgenden wird erläutert, mit welcher Methode, sowie die Rolle des Forschers dabei erläutert. Die qualitativen Daten wurden erhoben, um das Verständnis der gezeigten Visualisierungen noch detaillierter zu evaluieren. Außerdem sollen die erzielten Auswirkungen bei den BetrachterInnen untersucht werden. Dazu wird eine Adaption der Think Aloud Methode verwendet.

Die Think Aloud Methode ist eine sinnvolle Methode zur Generierung qualitativer Daten [63]. Bei dieser werden ProbandInnen dazu aufgefordert, eine Aufgabe, welche einen komplexeren Denkprozess erfordert, zu erledigen und dabei all Ihre Gedankengänge laut zu äußern [64]. Die Think Aloud Methode wird vor allem in psychologischen Fachbereichen, sowie bei Designfragen genutzt [64], modern ist jedoch auch eine Nutzung der Methode im Bereich der Forschung zu Human Computer Interaction (HCI) [65] [66].

Innerhalb des Experimentes soll keine Aufgabe erledigt werden, sondern die Eindrücke, welche die Visualisierungsarten bei den TeilnehmerInnen erzeugen, evaluiert werden. Den ProbandInnen wird daher eine konkrete Fragestellung vorgegeben, welche eine Situation möglichst nah an einer klassischen Think Aloud Studie herstellt. Die Idee dabei ist es, dass die ProbandInnen über die Fragestellung nachdenken und die Gedanken zu dieser äußern. Die TeilnehmerInnen wurden dazu alle folgendermaßen instruiert: Zunächst wird den TeilnehmerInnen erklärt, dass Sie die drei Videoszenarien (Wohnszenario, Pendelszenario, Arbeitsszenario) auf Ihr eigene Situation beziehen sollen und sich vorstellen sollen, dass diese fiktive Situation der Realität entspricht. Zusätzlich sollen Sie sich vorstellen, dass die dargestellten Daten Informationen über die konkrete TeilnehmerIn sind. Dann wurde den TeilnehmerInnen die Fragestellung mitgeteilt:

"Wie würden Sie/du es finden, wenn die angezeigten Informationen ohne deine Zustimmung in die Hände Dritter fallen würde?"

Zusätzlich wurde darauf hingewiesen, dass eine kurze Überlegung über die Aussage der Visualisierungen sinnvoll ist und man in diese Überlegung auch einbeziehen sollte, ob man alle Komponenten der jeweiligen Visualisierung versteht. Während der Durchführung ist die ForscherIn bei der Think Aloud Methode im Normalfall dazu angehalten, nur einzuhören, wenn die ProbandInnen den Prozess des lauten Denkens unterbrechen sollten [64]. In diesem Experiment wurde diese Bedingung aus mehreren Gründen etwas verweichlicht. Zunächst sind die Visualisierungsarten zum Teil sehr abstrakt gehalten, was zu falschen Interpretierungen führen könnte. Außerdem haben die TeilnehmerInnen hier keine konkrete Aufgabe, daher

	Bereich	Themenstellung der Analyse	Methode
1	Personenbezogene Daten	Demografische Verteilung der TeilnehmerInnen	Deskriptive Statistik
2		Vorerfahrungen der TeilnehmerInnen	Deskriptive Statistik
3	Vorher/Nachher Daten	Verteilung der Ergebnisse	Deskriptive Statistik
4		Veränderung der Mediane	Sign-Test, Wilcoxon-Test
5		Veränderung der Gesamtbewertung eines Themas	Gepaarter <i>t</i> -Test
6	Visualisierungsarten	Verteilung der Ergebnisse	Deskriptive Statistik
7		Vergleich der Ergebnisse zu gleichem Thema zwischen den Visualisierungsarten	Sign-Test, Wilcoxon-Test
8		Wertung einer Ausprägung über alle Visualisierungsarten	Einstichproben <i>t</i> -Test

Tabelle (1): Anwendungsbereiche und Methoden: Auflistung aller Anwendungsbereiche, welche der erhobenen quantitativ Daten mit welchen statistischen Methoden analysiert werden sollen.

müssen Sie ggf. mehrmals auf die Fragestellung hingewiesen werden. Zuletzt können auch Nachfragen aufgrund von einem fehlenden Verständnis bestimmter Komponenten auftreten. Insgesamt verhält sich der Forscher während des Experimentes passiv. Bei Unklarheiten zu einzelnen Visualisierungsarten wird ein Hinweis gegeben, welcher Missverständnisse vermeidet, jedoch nicht die komplette Aussage der Visualisierungen aufdeckt. Wenn der Forscher den Eindruck hat, dass die Aufgabenstellung der Person unklar ist, wird diese nochmals wiederholt. Durch diesen Prozess der Think Aloud Methode wird auch das Verständnis der Visualisierungen deutlich. Das Audio dieses Teils der Studie wird aufgenommen. Im Anschluss daran wird eine manuelle Transkription angelegt. Anschließend wird die Audiodatei digital archiviert.

4.4. Datenanalyse

Dieses Kapitel widmet sich den Methoden, welche zur Analyse der gesammelten Daten eingesetzt werden. Es werden zunächst die Methoden für die quantitativen Daten, dann die Methoden für die qualitativen Daten beschrieben.

Quantitative Daten

In Tabelle 1 befindet sich eine Zuordnung zwischen dem Themengebiet der Analyse, sowie der angewendeten Methoden. Um eine Grundlage für die Betrachtung der statistischen Methoden zu haben, wird in dem nächsten Abschnitt einmal die Likert-Skala vorgestellt, mit denen der größte Teil der Fragebögen designt wurde. Die Likert-Skala kommt aus der Fachrichtung Psychologie und lässt die TeilnehmerInnen zu Statements auf einer eindimensionalen, geordneten Skala Ihre Meinung zu dem präsentierten Statement ausdrücken [67]. Sie wurde von Likert eingeführt und gilt als Messinstrument für Meinungen und Attitüden [68]. Das typische Likert-Design hat fünf Antwortmöglichkeiten und geht von "Strongly disagree" bis 'Strongly agree', es gibt jedoch auch noch weitere Ansätze zur Anzahl der Optionen (Eine Argumentation, warum sich für ein 5-Punkt-Likert Ansatz entschieden wurde, findet sich in 4.5) [69]. Im Normalfall werden eine Menge von Aussagen gemeinsam betrachtet, eine einzelne Likert skalierte Aussage auf einem Fragebogen wird als Item bezeichnet [70]. Es gibt unterschiedliche Ansichten, ob die Abstände zwischen den Optionen auf einer Likert-Skala als äquidistant betrachtet werden oder nicht [69]. Dies ist entscheidend für die Frage, ob man eine Likert-Skala als ordinal oder als Intervallskaliert bewertet. In dem Paper von Joshi, Kale, Chandel u. a.

werden vier Fragen aufgeführt, welche bei der Einordnung helfen sollen. Werden alle vier Fragen positiv beantwortet, kann man die Daten als intervallskaliert betrachten.

1. Sind die Items in einer logischen Reihenfolge angeordnet?
2. Sind die Items eng miteinander verbunden, enthalten jedoch aber auch unabhängige Informationen?
3. Gibt es Anteile der Kohärenz/Erwartbarkeit zwischen den Antworten/Ist die nächste Antwort auf Grundlage der vorherigen Antworten bis zu einem gewissen Grad vorhersehbar?
4. Misst jedes Item ein bestimmtes Element des Themas?

Sollten diese Fragen mit Ja beantwortet werden, kann die betrachtete Menge an Items in einem Score oder als Mittelwert kombiniert betrachtet werden. Einzelne Items sollten jedoch immer ordinal skaliert betrachtet werden [71]. Demnach werden alle Likert-Items als ordinal skaliert betrachtet. Eine Ausnahme bilden die Daten zur Bewertung der Visualisierungsarten, dort werden zusätzlich jeweils alle gleichen Aussagen, welche sich nur auf die betreffende Visualisierungsart unterscheiden, mit einem Durchschnittswert zusammengefasst und als intervallskaliert betrachtet. Die zweite Ausnahme sind die Vorher-Nachher Daten, wo insgesamt drei thematische Gruppen gebildet werden (Location Data: Item 1, 2 und 8; LBS: Item: 3, 4 und 5; Location Privacy: Item 6, 7 und 9) und zu einem summierten Score zusammengefasst werden. Für diese Zusammenfassungen lassen sich die vier Fragen von Joshi, Kale, Chandel u. a. positiv beantworten und die Daten sind damit Intervall skaliert.

Deskriptive Statistik Für Analysen mit deskriptiver Statistik, werden die beschreibenden Parameter je nach Skalenniveau angewendet. Das sind für das ordinale Skalenniveau absolute Werte, Verteilung der Werte, Quantile und der Median. Für die intervallskalierten Werte kommen zusätzlich noch Mittelwert und Standardabweichung dazu.

Sign Test Diese Teststatistik wurde von Dixon und Mood entwickelt, um zwei gepaarte Stichproben miteinander zu vergleichen [72]. Der Test wird verwendet, um zu untersuchen, ob sich die wahren Mediane aus zwei ordinalen Stichproben, welche abhängig voneinander sind, unterscheiden [73]. Die Bedingungen an die Daten sind, dass es jeweils Paare von Beobachtungen gibt, welche miteinander verglichen werden, sowie alle Paare unter ähnlichen Bedingungen generiert wurden. Die zwei Ausprägungen eines Paares sind jedoch unter unterschiedlichen Bedingungen generiert worden [72]. Diese Anforderungen werden durch die Daten erfüllt, da immer die Items einer Person verglichen werden. Die Daten wurden alle unter denselben Bedingungen innerhalb der Studie generiert. Die verglichenen Daten sind unterscheidbar, da es Antworten auf unterschiedliche Fragen sind. Zur Durchführung des Testes wird eine Nullhypothese H_0 formuliert und die Negation dieser Aussage als Alternativhypothese H_A definiert. Beim Sign Test gibt es sowohl zweiseitige als auch einseitige Nullhypotesen. Die zweiseitige Nullhypothese ist so formuliert, dass eine Abweichung des Mittelwertes der Differenzen sowohl in positive, als auch in negative Richtung nicht möglich ist, eine einseitige Nullhypothese lässt eine Abweichung in eine bestimmte Richtung zu. Der Sign Test berechnet einen p -Wert, ist dieser unter einem vorher definierten Signifikanzniveau (meistens wird 0.05 gewählt), kann die Nullhypothese abgelehnt werden und die Alternativhypothese angenommen werden [73].

Wilcoxon Test Der Test, welcher von Wilcoxon entwickelt wurde, ist ebenfalls zum Vergleich von gepaarten Daten [74]. Diese Teststatistik ordnet die Datenpaare nach Ihren Differenzen, vergibt Ränge und berechnet daraus die Teststatistik [75]. Der Test wird daher auch als Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test bezeichnet, im weiteren Verlauf jedoch nur unter Wilcoxon-Test geführt. Der Wilcoxon Test ist für ordinale Daten verwendbar [59] [75]. Die zweite Bedingung an die Daten ist, dass die zwei verbundene Gruppen oder Stichproben vorliegen, die verschiedenen Paare jedoch voneinander unabhängig sind [75]. Beide Bedingungen erfüllen sowohl die Vorher/Nachher Daten, als auch die Daten die zur Evaluation der Visualisierungsarten erhoben wurden, trivialerweise. Die Durchführung und Auswertung des Testes erfolgt nach demselben Prozess wie beim Sign Test, das heißt, es wird zunächst eine Nullhypothese formuliert und diese gegebenenfalls abgelehnt.

t-Test Der Einstichproben *t*-Test ist dafür da, um einen ermittelten Mittelwert einer Stichprobe mit einem theoretischen Mittelwert zu vergleichen [76]. Im Folgenden wird zur Vereinfachung dieser als *t*-Test bezeichnet. Es wird dabei ein *t*-Wert berechnet, welcher als kritischer Wert genutzt wird [77]. Um den *t*-Test anwenden zu können, muss die Variable normalverteilt sein. Außerdem müssen die Daten unabhängig voneinander generiert worden sein [76]. Die zweite Bedingung erfüllt der Aufbau des Experimentes, dass alle TeilnehmerInnen einzeln geprüft wurden. Die erste Bedingung muss mit den generierten Daten einzeln geprüft werden. Zur Überprüfung der Teststatistik wird der *t*-Wert mit einem kritischen α verglichen, gilt $t > \alpha$ kann die Nullhypothese, dass empirischer und theoretischer Mittelwert gleich sind, abgelehnt werden. Wie beim Sign Test und Wilcoxon-Test kann die Nullhypothese sowohl ein- als auch zweiseitig formuliert werden.

Eine Variante ist der gepaarte *t*-Test für zwei abhängige Variablen, dieser kann analog zum Wilcoxon- oder Sign Test für zwei abhängige Variablen genutzt werden, setzt jedoch Intervall skalierte Variablen voraus [78]. Die Berechnung erfolgt hier ähnlich wie beim einfachen *t*-Test, es werden jedoch die Differenzen der Paare betrachtet. In dieser Arbeit wird der gepaarte *t*-test genutzt, um die Veränderung der Vorher/Nachher Daten der thematisch gruppierten Summen zu berechnen.

Testen auf Normalverteilung Für die Anwendung des *t*-Testes müssen die jeweiligen Verteilungen auf Ihre Normalität geprüft werden. Dazu gibt es sowohl graphische Ansätze, als auch Ansätze mit statistischen Testverfahren. Es gibt eine Reihe von Testverfahren, eines davon ist der Shapiro-Wilk-Test [79]. Dieser erzielt im Vergleich zu anderen Testverfahren robuste Ergebnisse, vor allem bei kleineren Stichproben [80]. Der Test berechnet die erwarte Varianz, falls die Stichprobe normalverteilt sein sollte und vergleicht diese mit der tatsächlichen Varianz [81]. Der berechnete Wert wird mit einem kritischen Wert verglichen, falls der berechnete Wert größer ist, wird die Nullhypothese, dass die Variable normalverteilt ist, abgelehnt. Für eine grafische Analyse der Normalverteilung eignen sich insbesondere *qq*-Plots. Diese plotten die empirischen Quantile gegenüber den theoretischen Quantilen einer Normalverteilung [82].

Die Analyse der Daten wurden mithilfe der statistischen Programmiersprache *R*¹¹ ausgewertet. Dazu wurden die Daten aus der CSV-Datei in ein Data Frame geladen und mithilfe der Methoden der Standard-library die statistischen Tests durchgeführt. Zur Erstellung der Grafiken wurden die Pakete “*ggpubr*”, “*ggplot*”, “*DescTool*”, “*ufs*”.

¹¹<https://www.r-project.org/> (Abgerufen am 13. Juni 2023)

Qualitative Daten

Im Folgenden werden zunächst die Ziele und Vorüberlegungen für die qualitative Datenanalyse vorgestellt. Im Anschluss werden die umgesetzten Methoden präsentiert.

Das Ziel ist es, die Aussagen der Personen, mit einer Konzentration auf die untersuchte Problemstellung zusammengefasst zu präsentieren [59]. Die Idee der Analyse ist es, die Daten, welche qualitativ erfasst wurden, mit objektiven und systematischen Methoden zur Gewinnung von Informationen/Charakteristiken zu nutzen [83]. Dazu gibt es drei Schritte, welche zumeist abgearbeitet werden, [84]. Zunächst erfolgt eine Analyse der Quelle auf die zentralen Komponenten. Anschließend wird jede der Komponenten auf ihre zentralen Aussagen, Dimension und Spannweite, sowie die Beziehung der Komponenten untereinander. Im letzten Schritt werden dann die gewonnenen Informationen nochmals mit Hinblick auf die konkrete Fragestellung der Analyse extrahiert. Es ist sinnvoll vor der Analyse einige Überlegungen zu machen, welche Daten analysiert werden sollen und welche nicht [85]. In dieser Arbeit werden qualitativ nur die Aussagen untersucht, welche während der Betrachtung der Visualisierungen innerhalb der Think-Aloud Methode getroffen wurden. Wichtig hierfür ist auch der Kontext, in welchem diese Daten erhoben wurden (dieser wird in Kapitel 4.3 genauer erläutert). Diese Arbeit nutzt den Ansatz des emergent coding, d.h. eine qualitative Analyse der Daten ohne eine Vorüberlegung [59].

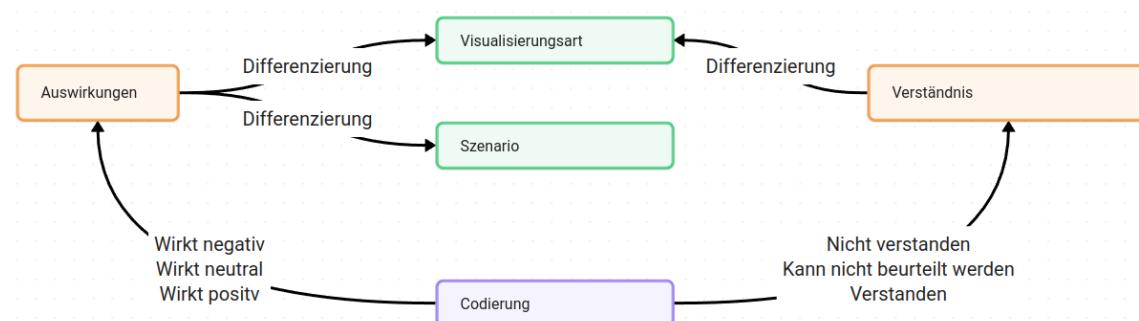


Abbildung (4): Darstellung der durchgeföhrten qualitativen Analysen. Jeder Pfeil stellt eine Analyse dar. Aussen wird das Untersuchungsziel dargestellt (orange). Innen befinden sich die Untersuchungen der Differenzierungen (grün) und die Codierungen (blau)

Codierung Bei den Codierungen wird für ein Untersuchungsziel (Verständnis/Wirkung) für jede Visualisierungsart eine kategoriale Bewertung vergeben. Die Kategorien sind in Abbildung 4 beschrieben. Die Bewertungen wurden in einer CSV-Datei gesichert und mithilfe eines R-Skriptes ausgewertet und visualisiert.

Differenzierungen Bei den Differenzierungen wird jeweils eins der Untersuchungsziele betrachtet. Für dieses Untersuchungsziel werden die Ergebnisse nach einer Variable (Visualisierungsart/Szenario) unterschieden und ein Vergleich der Aussagen angestellt (Untersuchungsziel-Variable-Paare: 4).

4.5. Diskussion

In dem folgenden Abschnitt werden die Entscheidungen für und gegen eine bestimmte Methodik erläutert, sowie erklärt, warum die gewählte Methode sinnvoll für die Evaluierung der Visualisierungen sinnvoll ist.

Zunächst wird die Frage erörtert, warum nicht eine theoriebasierte Evaluation vorgenommen wurde und stattdessen eine praktische Studie durchgeführt wurde. Eine theoretische Evaluation hätte das Erarbeiten von Kriterien aus der Fachliteratur und das anschließende Bewerten der Visualisierungen anhand der Kriterien beinhaltet. Dazu gibt es durchaus Ansätze für Evaluierungskriterien [86]. Diese sind jedoch in der Regel angepasst auf Visualisierungen von bestimmten Gruppen von Informationen. Es gibt sehr wenig Literatur zu Evaluierungskriterien, die direkt auf IVEs zugeschnitten sind. Ein weiteres Argument gegen eine theoretische Evaluation ist, dass diese keine Erkenntnisse durch mögliche NutzerInnen erbringt. Die theoretische Evaluation kann ein noch so positives Resultat hervorbringen, die Visualisierungen müssen durch die Zielgruppe entsprechend verstanden werden. Eine praktische Evaluation ist hingegen typisch für Arbeiten im Bereich Location Privacy [41] [48]. Dabei werden die Visualisierungen direkt mit der entsprechenden Zielgruppe getestet. Außerdem bringt die praktische Evaluation ein direktes Feedback, ob die Visualisierungen verständlich sind und ob die gewünschten Effekte erzielt werden können. Auch bieten die empirischen Daten einen Vorteil bei der Vergleichbarkeit zwischen den einzelnen Visualisierungsarten. Insgesamt ist es einfacher und zielführender, die Visualisierungen innerhalb einer praktischen Studie zu evaluieren.

Eine weitere Entscheidungsfrage war, ob die Studie in einem Within- oder einem Between-Group Design durchgeführt werden soll. Beim Within Design wird jede Person allen Bedingungen eines Experiments ausgesetzt, beim Between Design hingegen nur einer einzelnen zufällig gewählten Bedingung. Das Within-Group Design eignet sich besser, wenn man große Unterschiede zwischen den Reaktionen einzelner Individuen erwartet [59]. Im Falle dieses Experimentes ist diese Bedingung erfüllt. Das Verständnis und die Beurteilung ist stark abhängig von den Vorkenntnissen und Meinungen der TeilnehmerInnen. Bei einem Between Group Design hätte für jede Ausprägung ($n = 3$) der Variable Visualisierungsart eine entsprechend großen Gruppe untersucht werden müssen ($m = 20$). Eine solche Studie ($n * m = 60$) hätte den Rahmen dieser Arbeit deutlich überstiegen.

Zuletzt wird noch die Frage geklärt, mit welchen Antwortmöglichkeiten die Likert Antworten auf den Fragebögen ausgestattet werden. Dazu ist zunächst die Frage zu klären, ob eine ungerade oder eine gerade Anzahl von Antwortmöglichkeiten gestellt werden soll. Bei einer geraden Anzahl von Antwortmöglichkeiten müssen sich die Teilnehmenden entscheiden eine Position einzunehmen, ein neutraler Standpunkt kann nicht eingenommen werden. Dies führt dazu, dass Menschen teilweise irgendeine Antwort auswählen, wenn Sie Ihren wahren Standpunkt privat halten möchten. Bei einer ungeraden Skala ist eine neutrale Antwortmöglichkeit vorhanden. Dies kann dazu führen, dass TeilnehmerInnen im Zweifel den mittleren Standpunkt auswählen. In dieser Arbeit wurde eine ungerade Likert Skala ausgewählt. Das hat zum einen den Grund, dass neutrale Standpunkte zu manchen Aussagen durchaus möglich sind, und zum anderen gibt es den Teilnehmenden eine einfache Möglichkeit Ihre Antwort privat zu halten und sich zu enthalten. Die nächste Frage, die sich in Bezug auf die Likert Fragen stellt, ist, wie viele Antwortmöglichkeiten es denn insgesamt geben soll. Grundsätzlich gibt es hier die Position, dass umso mehr Antwortmöglichkeiten es gibt, desto genauer kann die TeilnehmerIn Ihren genauen Standpunkt ausdrücken [69]. Es gibt auch Argumente gegen eine hohe Anzahl an Elementen, mit der Anzahl steigt auch Komplexität sowie die Verständlichkeit sinkt. Es gibt sowohl Argumente für eine 5-Punkt Likert Skala [87], als auch für eine 7-Punkt Skala [88]. Da die Unterschiede hier sehr gering sind, wurde sich für die klassische von Likert vorgestellte 5-Punkte-Skala entschieden.

5. Ergebnisse der Studie

Nachfolgend werden die Ergebnisse präsentiert. Dazu wird zunächst die Zusammensetzung der TeilnehmerInnen vorgestellt, anschließend wird das Verständnis der Visualisierungen dargelegt. Anschließend wird die Wirkung beschrieben, zunächst aufgeschlüsselt nach Szenarien, dann nach den Visualisierungsarten. Anschließend werden die Ergebnisse des Einflusses der Visualisierungen auf die Einstellung der Teilnehmenden untersucht.

5.1. Zusammensetzung des TeilnehmerInnenfeldes

Der nachfolgende Abschnitt beschreibt, wie viele TeilnehmerInnen an der Studie teilgenommen haben, sowie welche demografische Zusammensetzung diese hatten. Auch die Vorerfahrungen der TeilnehmerInnen werden vorgestellt.

Insgesamt wurde die Studie mit 24 Personen durchgeführt. Zwei Durchläufe waren dabei Pilotstudien. Nach der ersten Pilotstudie wurde der Aufbau des Experimentes leicht verändert, sodass dieser Durchlauf nicht in die Ergebnisse mit einfließt. Da nach der zweiten Pilotstudie nichts geändert wurde, wird diese Person mit in die Ergebnisse aufgenommen. Bei einer Person kam es während des Experimentes zu technischen Komplikationen (Absturz der Software, welche für die Darstellung der Videos innerhalb des IVEs zuständig ist). Da diese nicht rechtzeitig behoben werden konnten, wurde dieser Studiendurchlauf ebenfalls nicht gewertet. Die Studie wurde also mit einer TeilnehmerInnenzahl von $n = 22$ durchgeführt. Davon sind 18 TeilnehmerInnen männlich und 4 weiblich. Das Alter der TeilnehmerInnen ist eher jung ($M = 29, SD = 13.6312$), die jüngste TeilnehmerIn ist 19, die älteste TeilnehmerIn 61 Jahre alt. Zwei Teilnehmerinnen gaben an, einen unteren Schulabschluss zu haben, neun das Abitur oder einen anderen gleichwertigen Abschluss. Sechs TeilnehmerInnen befinden sich in einem Studium ohne Abschluss, drei TeilnehmerInnen haben einen Bachelorabschluss und zwei TeilnehmerInnen einen Masterabschluss. Von den 22 TeilnehmerInnen gaben zwei an Geoinformatik zu studieren, eine Person arbeitet im Bereich Geoinformatik. 18 der 22 TeilnehmerInnen (81.82%) gaben an, NutzerInnen von LBS zu sein.

5.2. Verständnis der Visualisierungsarten

Aufenthaltsorte

Während der Betrachtung der Visualisierungsart Aufenthaltsorte wurde von den TeilnehmerInnen keine Äußerungen getätigt, welche auf ein Unverständnis der Visualisierungsart schließen. Für jede der TeilnehmerInnen konnte die Aussage getroffen werden: "Die Person hat die Aussage hinter der Visualisierungsart verstanden." (siehe Abbildung 5). Die Verständlichkeit der Visualisierungsart Aufenthaltsorte wurde gut bewertet. Die folgende Aussage wurde dafür insgesamt 14 mal mit 'Stimme zu bewertet und 8 mal mit 'Stimme voll und ganz zu': "Die Visualisierungstechnik *Aufenthaltsorte* bildet ein Verständnis für die Auswertungsmöglichkeiten von räumlichen Daten." (Vergleiche Abbildung 6, Plot 1.1). Keiner der TeilnehmerInnen lehnte diese Aussage ab oder beantwortet diese neutral. Noch deutlicher ist das Stimmungsbild bei der intuitiven Verständlichkeit der Aufenthaltsorte. Der Aussage stimmten hier 9 TeilnehmerInnen zu, 11 stimmten voll und ganz zu. Auch hier lehnte niemand die Aussage ab oder äußerte sich neutral (Abbildung 6, Plot 1.2.).

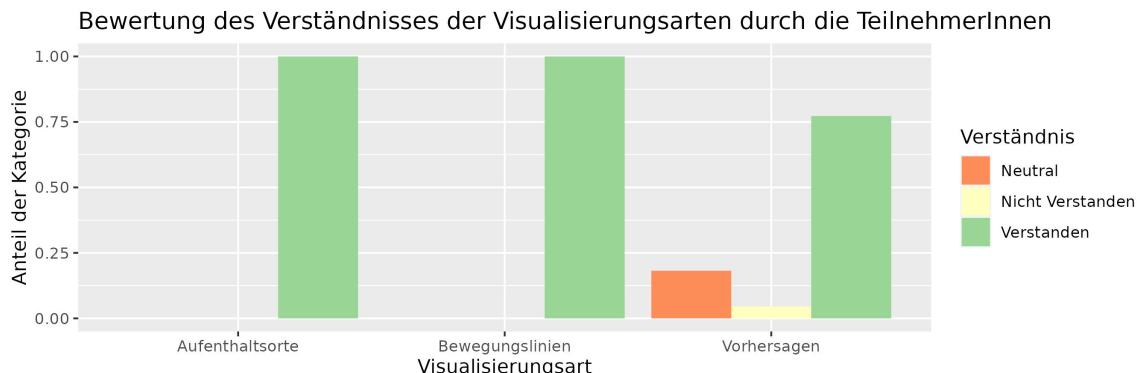


Abbildung (5): Kategorisierung des Verständnisses der Visualisierungsarten ‘Aufenthaltsorte’, ‘Bewegungslinien’ und ‘Vorhersagen’ durch die TeilnehmerInnen anhand der während des Experimentes getätigten Aussagen. Bezeichnung von “Die Person hat die Aussage hinter der Visualisierungsart nicht verstanden.” als nicht verstanden, “Ob die Person die Aussage hinter der Visualisierungsart verstanden hat, kann nicht abschließend beantwortet werden” als neutral und “Die Person hat die Aussage hinter der Visualisierungsart verstanden.” als verstanden. Jakob Danel 2023

Bewegungslinien

Die Bewegungslinien wurden von allen TeilnehmerInnen verstanden (siehe Abbildung 5). Dennoch gab es bei manchen TeilnehmerInnen Verständnisprobleme bezogen auf Teile der Visualisierungsart. So äußerte eine Person, dass die Visualisierungen nicht vollständig nachvollzogen werden konnten, da die Bewegungslinien richtungslos gestaltet wurden. Somit konnte das Szenario nicht vollständig analysiert werden. Ein weiteres Problem, welches bei vereinzelten TeilnehmerInnen auftauchte, ist die Farbgebung der Bewegungslinien. Hier wurde geäußert, dass der Sinn hinter der Farbgebung nicht klar ist, bzw. es wurde die Interpretation geäußert, dass die Farbe die Frequenz der Bewegungen über die konkrete Bewegungslinie visualisiert. Auch wurden zweimal Rückfragen geäußert, was die Bedeutung hinter der Farbgebung der Bewegungslinie zu bedeuten hat. Das allgemeine Verständnis der Visualisierungsart wurde nach der Betrachtung als gut bewertet. Insgesamt 19 Personen bewertet die Visualisierungen als verständlich, zwei Personen antworteten neutral und eine Person gab an, dass die Visualisierungsart unverständlich sei (vergleiche Abbildung 6, Plot 2.1). Die Intuitivität wurde sehr ähnlich bewertet, auch hier stimmten 19 Personen der Aussage, dass die Visualisierungsart intuitiv verständlich ist, eine Person äußerte sich neutral und zwei Personen gaben an, die Visualisierungen nicht verstanden zu haben (siehe Abbildung 6, Plot 2.2).

Vorhersagen

Die letzte Visualisierungsart hat am ehesten zu Unverständnis geführt. Hier konnte nur für 77.28% der TeilnehmerInnen ein Verständnis der Visualisierungsart festgestellt werden. Bei 18.18% wurde hingegen anhand der Aussagen während des Experimentes festgestellt, dass die Person die Visualisierung nicht verstanden hat. Bei einer Person konnte diese Frage nicht abschließend beantwortet werden anhand der Äußerungen (vergleiche Abbildung 5). Im Folgenden wird vorgestellt, welche Aspekte der Visualisierungsart nicht verstanden wurden bzw. welche Missinterpretationen vorgenommen wurden. Einer TeilnehmerIn waren die angezeigten Informationen zu unvollständig: Die Person versuchte anhand der Schattenwürfe einzelner Objekte eine Uhr-/Jahreszeit zu konkretisieren. Eine weitere Beobachtung war, dass die TeilnehmerInnen

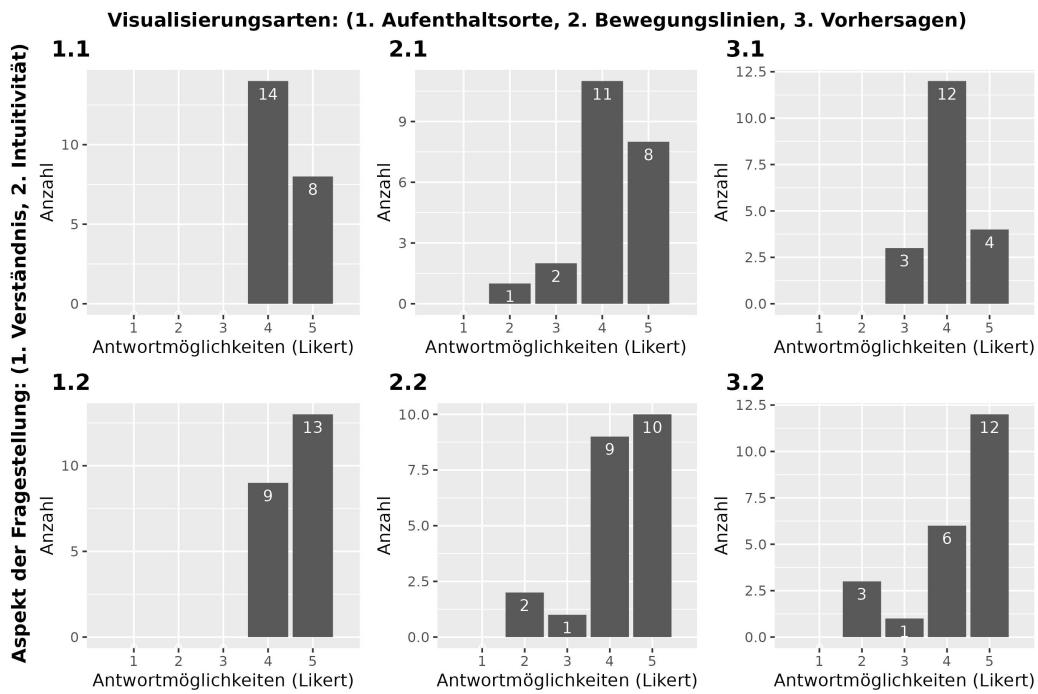


Abbildung (6): Antworten der TeilnehmerInnen zum Verständnis und zur Intuitivität der einzelnen Visualisierungsarten. Antwortmöglichkeiten: 1 - 'Stimme überhaupt nicht zu'; 2 - Stimme nicht zu; 3 - Stimme weder zu noch lehne ich ab; 4 - Stimme zu; 5 - Stimme voll und ganz zu. Die Visualisierungsarten sind spaltenweise sortiert, die Fragen reihenweise. Jakob Danel (2023)

vereinzelt die gezeigten Informationen an sich hinterfragten. Beispielsweise, ob es realistisch wäre, dass man morgens früh tatsächlich eine andere Möglichkeit gibt, als dass man zur Arbeit fährt. Weiterhin gab es vereinzelt Reaktionen des Unverständnisses über die angezeigte Prozentzahl. Auch eine Missinterpretation der Visualisierungsart kam vor: Die Person äußerte, dass die Visualisierung anzeigt, dass man beim Einschlagen einer Richtung mit x -prozentiger Wahrscheinlichkeit zu Ort y geht. Dementsprechend müsste sich die Unwahrscheinlichkeiten pro Richtung zu 100% addieren. Der Person fiel während der weiteren Betrachtung auf, dass die Summe der Wahrscheinlichkeiten in alle Richtungen 100% ergibt und revidierte daraufhin die Aussage. Insgesamt wurde die Visualisierungsart Vorhersagen nach der Betrachtung als verständlich bewertet, auch intuitiv war die Visualisierungsart für einen Großteil der TeilnehmerInnen verständlich (vergleiche Abbildung 6, Plot 3.1 u. 3.2)

Zusammenfassung und Vergleich

In der Dokumentation der Ergebnisse konnten keine systematischen Nachfragen erkannt werden. Teilweise traten Verständnisprobleme bei der Aufgabenstellung auf, welche durch eine Wiederholung dieser gelöst wurden. Im Folgenden wird die summierte Bewertung des Verständnisses, sowie der Intuitivität der Visualisierungsarten mithilfe eines t -Tests vorgestellt. Dazu müssen die Verteilung der summierten Antworten zum Verständnis und zur Intuitivität jeweils einer Normalverteilung folgen. Der Shapiro-Wilk-Test lässt sowohl für die Summen der Verständnis-Antworten ($W = .9068, p = .0409$), als auch für die Summen der Intuitivität-Antworten ($W = .906, p = 0.0409$), bei $\alpha = 0.05$ auf eine Normalverteilung schließen. Diese Aus-

Vergleich		Wilcoxon-Test		Sign-Test	
1. Visualisierungsart	2. Visualisierungsart	Verständnis	Intuitivität	Verständnis	Intuitivität
Aufenthaltsorte	Bewegungslinien	$W = 263, p = .5831$	$W = 288.5, p = .2241$	$S = 8, p = .7905$	$S = 7, p = .5488$
Aufenthaltsorte	Vorhersagen	$W = 274, p = .3945$	$W = 271, p = .4479$	$S = 7, p = .5488$	$S = 6, p = .7539$
Bewegungslinien	Vorhersagen	$W = 234, p = .8455$	$W = 254.5, p = .7578$	$S = 6, p = 1$	$S = 8, p = .7905$

Tabelle (2): Vergleich des Verständnisses zwischen den einzelnen Visualisierungsarten: Teststatistik und p -Wert des Wilcoxon-Tests und des Sign-Tests zum Vergleich der Bewertung von Verständnis und Intuitivität der Visualisierungsarten. Die Nullhypothese sieht jeweils keinen signifikanten Unterschied vor, bei einer Ablehnung wären die Verteilungen verschieden (Sign-Test: Differenzen Unsymmetrisch um Null verteilt, Wilcoxon-Tst: Wahrer Median der Differenzen verscheiden von null) Da beide Testverfahren die Eigenschaft der Symmetrie aufweisen, wird der Vergleich jeweils nur in eine Richtung aufgeführt.

sagen werden durch die Verteilung innerhalb des *qq*-Plots gestützt, hier gibt es bei beiden Verteilungen keine Ausreißer aus dem 95%-Konfidenzintervall (vergleiche Abbildungen D.1 und D.2, jeweils Plot B). Die Summe der Antworten ist sowohl für das Verständnis ($M = 12.72727, SD = 1.315903$), als auch für die Intuitivität ($M = 1.315903, SD = 1.252703$) im Durchschnitt sehr hoch (vergleiche Abbildungen D.1 und D.2, jeweils Plot A). Der t -test zeigt an, dass der wahre Mittelwert der durchschnittlichen Antwort auf die Bewertung des Verständnisses größer als 4 ist (“Stimme zu”), $t(21) = 2.5923, p < .01$. Das gleiche Ergebnis erzielt der t -test auch für die durchschnittliche Bewertung der Intuitivität aller Visualisierungsarten, $t(21) = 3.9144, p < .01$.

Im Vergleich gibt es leichte Unterschiede in dem Verständnis der einzelnen Visualisierungsarten. Während die Aufenthaltsorte von allen TeilnehmerInnen verstanden wurden, gab es bei den Bewegungslinien die visuelle Variable Farbe der Bewegungslinien, welche teilweise nicht verstanden wurde. Bei den Vorhersagen kam es vereinzelt zu Verständnisproblemen über die Aussage der angegebenen Prozentzahl. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Medianen der Visualisierungsarten in Hinblick auf die Bewertung des Verständnisses und der Intuitivität konnte mithilfe des Wilcoxon-Tests oder des Sign-Tests zwischen keiner der drei Visualisierungsarten festgestellt werden (detaillierte Ergebnisse der Teststatistiken befinden sich in Tabelle 2)

5.3. Unterschiedliche Wirkung der einzelnen Szenarien

Bei der Analyse der getätigten Aussagen über die Visualisierungsarten durch die TeilnehmerInnen sind drei Grundarten von verschiedenen Betrachtungsweisen aufgetreten. Zum einen wurde die Wirkung über die verschiedenen Szenarien differenziert und zum anderen über die verschiedenen Visualisierungsarten. zuletzt gab es TeilnehmerInnen, welche keine Differenzierung der Wirkung vornahmen. Daher werden in diesem Abschnitt zunächst die drei Szenarien aufgeschlüsselt betrachtet. Im nächsten Abschnitt geht es dann um die Wirkung der drei Visualisierungsarten. In den Unterabschnitten werden die Bewertung der Szenarien zusammenfassend dargestellt und miteinander verglichen.

Wohnort-Szenario

Der Wohnort wird als extrem privater Bereich gesehen, ihm wird der höchste Schutzbedarf aller drei Szenarien zugesprochen. Es werden sehr deutliche Auswirkungen beschrieben, beispielsweise Bedrohungs- oder Einbruchssituationen, falls die Daten missbräuchlich analysiert werden. Eine weitere Aussage war außerdem: “Wenn all diese Informationen über meinen Wohnort verfügbar wären, würde ich mich an diesem

nicht mehr sicher fühlen.“ Ein weiterer Beleg, für den hohen Schutzbedarf des Wohnortes ist zudem, dass oftmals bei der Visualisierungsart Aufenthaltsorte eine Abstufung zwischen dem POI für den Wohnort und dem POI für die Bäckerei gemacht wurde. Der Punkt für den Wohnort wurde dabei deutlich kritischer bewertet.

Pendel-Szenario

Das Pendel-Szenario wird von den TeilnehmerInnen deutlich ambivalenter gesehen. Zum einen werden die Auswirkungen hier im Vergleich zum Wohnort-Szenario als deutlich geringer bewertet und zum anderen wird den analysierten Daten in manchen Anwendungsfällen auch ein konkreter Nutzen zugeschrieben. Die nicht so deutlichen Auswirkungen werden vor allem über ein Verschwinden der relevanten und kritischen Informationen in der Masse erklärt. Der Gedankengang einiger TeilnehmerInnen war, dass die erfassten Daten eher als ein Rauschen betrachtet werden können, da die gezeigte Lokalität hochfrequent besucht wurde und sich eine große Anzahl an Menschen dort zumindest kurzzeitig aufhält. Außerdem gäbe es an solchen öffentlichen Orten weitere Überwachungssysteme, beispielsweise Überwachungskameras innerhalb des Hauptbahnhofs. Einige Personen erklärten außerdem, dass die gezeigten Informationen in bestimmten Anwendungsszenarien durchaus einen Nutzen haben könnten, beispielsweise als Navigationshilfe oder für städteplanerische Überlegungen.

Arbeits-/Universitäts-Szenario

Dieses Szenario wurde den TeilnehmerInnen der Studie in zwei verschiedenen Varianten präsentiert. Zum einen wurde die Lokalität als der typische Studienort der TeilnehmerInnen vorgestellt, zum anderen als der Arbeitsort. Bei der Betrachtung der Auswirkungen kam es zu deutlich unterschiedlichen Ergebnissen, je nachdem, ob das Szenario als Arbeits- oder Studienszenario betrachtet wurde.

Studienort Hier wurden die Auswirkungen als nicht stark beschrieben. Dies hatte mehrere Begründungen. Zum einen sei das universitäre Leben davon geprägt, dass man von vielen seiner KommilitonInnen wissen würde, wo sich diese gerade aufhalten. Eine weitere Begründung war, dass die gezeigten Informationen gut für Studierende in frühen Semestern zur Orientierung genutzt werden könnten. Für die Informationen mit Bezug zur Mensa wurde außerdem ähnlich zum Pendel-Szenario argumentiert, dass die Mensa ein sehr öffentlicher Ort ist, welcher von einem Großteil der Studierenden und Lehrenden aufgesucht werden würde.

Arbeitsort Die gezeigten Informationen wurden im Arbeitskontext deutlich kritischer betrachtet. Gefahren wurden hier vor allem für eine mögliche Ausnutzung durch ArbeitgeberInnen gesehen. Informationen wie Pausen- und Arbeitszeiten, sowie den Arbeitsort sahen viele TeilnehmerInnen als kritisch. Es gab jedoch auch die Meinung, dass die Daten im Arbeitskontext nicht so kritisch zu sehen seien, da das Arbeitsumfeld klar definiert ist und somit der Umfang der Datenerfassung überschaubar bleiben würde. Außerdem hätten die ArbeitgeberInnen sowieso viele Informationen verfügbar und einige davon sind sogar sinnvoll, beispielsweise welche ArbeitskollegInnen sich zum aktuellen Zeitpunkt vor Ort befinden würden.

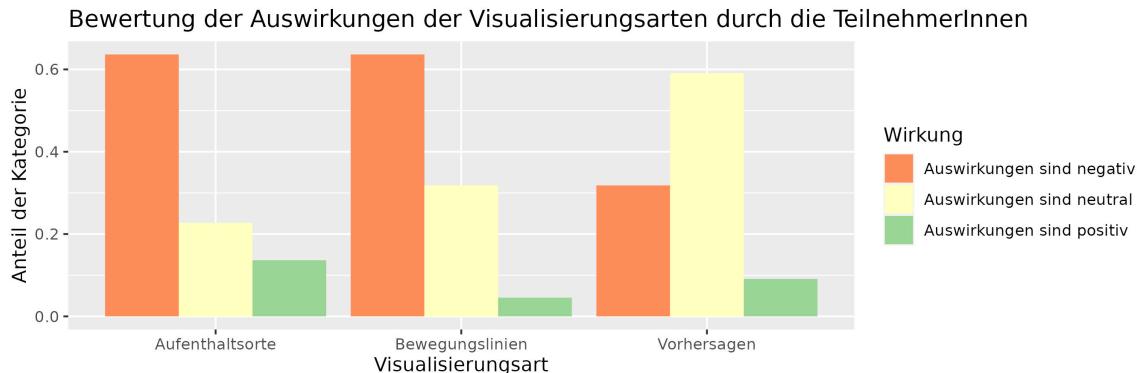


Abbildung (7): Kategorisierung der Auswirkungen der Visualisierungsarten ‘Aufenthaltsorte’, ‘Bewegungslinien’ und ‘Vorhersagen’ durch die TeilnehmerInnen anhand der während des Experiments getätigten Aussagen. Bezeichnung von “Die Person beschreibt die Wirkung der gezeigten Informationen auf Ihr Vertrauen gegenüber LBS als negativ” als “Auswirkungen sind negativ”, “Die Person beschreibt die Wirkung der gezeigten Informationen auf Ihr Vertrauen gegenüber LBS als neutral” als “Auswirkungen sind neutral” und “Die Person beschreibt die Wirkung der gezeigten Informationen auf Ihr Vertrauen gegenüber LBS als positiv.” Jakob Danel 2023

5.4. Wirkung der verschiedenen Visualisierungsarten

Im folgenden wird die Wirkung der Visualisierungen vorgestellt. Dazu werden zum einen die Ergebnisse der Think Aloud Studie verwendet, zum anderen die Ergebnisse aus dem Nachher-Fragebogen.

Aufenthaltsorte

Die Wirkung der Aufenthaltsorte wurde insgesamt kritisch gesehen. Die Haltung gegenüber den Aufenthaltsorten war insgesamt negativ (vergleiche Abbildung 7). Insbesondere die Rückschlüsse auf den Aufenthaltszeitraum (auch bei sehr kurzen Aufenthalten), lange zurückliegende Aufenthalte und Aufenthalte zu jeder Tages- und Nachtzeit wurden besonders kritisch gesehen. Aber auch der Fakt, dass weiterführende Informationen mit den angegebenen Informationen verknüpft sind, beispielsweise das Gleis, von welchem gereist wurde, wurde negativ bewertet. Die möglichen Auswirkungen eines Missbrauches dieser Daten wurden als sehr stark beschrieben. So äußerten die TeilnehmerInnen ein allgemeines Unwohlbefinden einhergehend mit den gezeigten Informationen oder die Angst vor Einbruchs- oder Diebstahlszenarien. Von einer Person wurde das Sammeln der gezeigten Informationen mit den Methoden der Staatssicherheit (Stasi) aus der Deutschen Demokratischen Republik (DDR) oder mit anderen Überwachungsstaaten verglichen. Auch die Antworten auf dem Nachher-Fragebogen sprechen für eine hohe Bewertung der Auswirkungen. Der Aussage, “die in der Visualisierungstechnik Aufenthaltsorte dargestellten Auswirkungen des Sammelns raumbezogener Daten halte ich für hoch” wurde insgesamt 17 mal zugestimmt, zwei Personen stimmten der Aussage nicht zu und drei Personen antworteten neutral (vergleiche Abbildung 8 Plot A).

Bewegungslinien

Auch die Wirkung der Bewegungslinien war insgesamt negativ (vergleiche Abbildung 7). Eine positive Auswirkung, die beschrieben wurde, war, dass die Informationen als ein Flashback für die Erinnerung an vergangene Aufenthalte in einer fremden Stadt genutzt werden könnten. Es wurden jedoch hauptsächlich

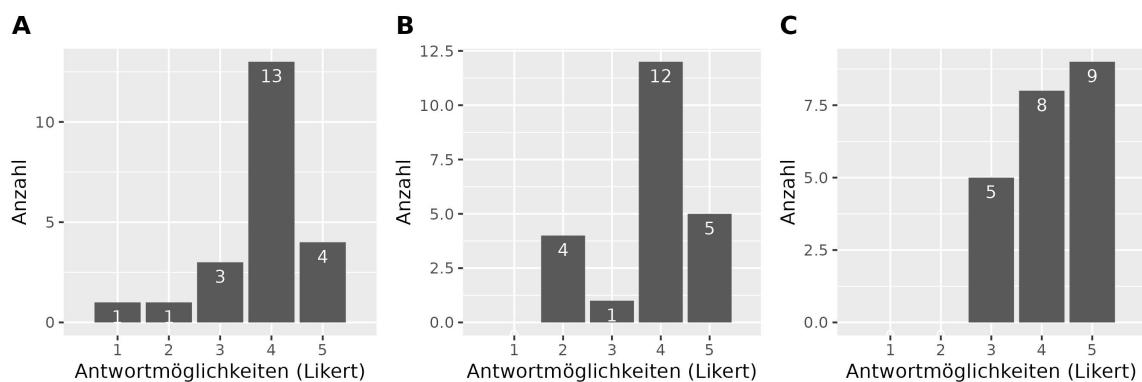


Abbildung (8): (A) Verteilung der Antworten auf die Frage 2.12 des Nachher-Fragebogens von 1 (“Stimme überhaupt nicht zu”) bis 5 (“Stimme voll und ganz zu”). (B) Verteilung der Antworten auf die Frage 2.15 des Nachher-Fragebogens von 1 (“Stimme überhaupt nicht zu”) bis 5 (“Stimme voll und ganz zu”). (C) Verteilung der Antworten auf die Frage 2.18 des Nachher-Fragebogens von 1 (“Stimme überhaupt nicht zu”) bis 5 (“Stimme voll und ganz zu”). Jakob Danel 2023

negative Auswirkungen beschrieben, vor allem, dass die Daten sehr konkret seien und eine hohe Aussagekraft über private Themen bieten würde. Auch die Aufnahme der Informationen zu jeder Uhrzeit wurde als kritisch gesehen. Insgesamt wurde ein hohes Missbrauchspotenzial erkannt, zum Beispiel das Rückschließen von Gesundheitszuständen oder Aufenthaltszeiten zu Hause. Eine Person äußerte, dass die Person sich beobachtet fühlen würde, wenn diese Informationen nicht geschützt wären. Die Aussagen werden durch die Antworten auf dem Fragebogen unterstrichen (vergleiche Abbildung 8, Plot B).

Vorhersagen

Die Vorhersagen wurden zumeist neutral gesehen, eine leichte Tendenz in Richtung negative Auswirkungen zeigt sich aber auch hier auf (vergleiche Abbildung 7). Für die Informationen aus der Visualisierungsart Vorhersagen wurden vereinzelt gute Anwendungsszenarien abgeleitet, beispielsweise als Werbemaßnahme für den Öffentlichen Personen Nahverkehr (ÖPNV) oder als Instrument zur städteplanerischen Lenkung/für die Verkehrsplanung. Es wurden jedoch auch einige negative Auswirkungen einer möglichen verbundenen Datenanalyse aufgeführt. Zu diesen gehört eine hohe Aufschlussmöglichkeit über private Interessen, sowie der Fakt, dass diesen Daten bereits eine strukturierte Analyse von Rohdaten zugrunde liegt. Auch die Aussagen “das finde ich gruselig” oder “diese Informationen gehen niemanden etwas an” wurden von TeilnehmerInnen geäußert. Durch eine Person wurde ein fiktives Szenario geäußert, welches auf Grundlage der gezeigten Informationen ein Social Credit System implementiert. Auch die Antworten nach der Betrachtung lassen auf eine negative Bewertung des Sammelns dieser Daten schließen, fünf Personen äußerten sich neutral, alle anderen Personen bewerten die Auswirkungen als hoch (vergleiche Abbildung 8, Plot C).

Zusammenfassung und Vergleich

Im Folgenden wird die allgemeine Bewertung der Wirkung beschrieben. Dazu werden die Summe aller Antworten zur Wirkung auf dem Nachher-Fragebogen betrachtet. Die Verteilung der Summen folgt nach dem Shapiro-Wilk Test einer Normalverteilung ($W = .87975, p = .0119$). Auch die Betrachtung der Quantile zeigt nur zwei nicht signifikanten Ausreißer (vergleiche Abbildung D.3, Plot B). Wir nehmen daher für

die Verteilung der Summen Normalverteilung an. Die Wirkung wurde insgesamt als hoch bewertet ($M = 11.8181, SD = 1.8162$). Der t -Test ergibt, dass der wahre Mittelwert der durchschnittlichen Bewertung der Auswirkungen größer als 3.5 ist ($t(21) = 3.4042, p = .0013$), somit tendiert die wahre Bewertung dazu der Aussage, dass die Auswirkungen des Sammelns der in den Visualisierungsarten dargestellten Informationen hoch ist zuzustimmen. Im Vergleich konnte kein signifikanter Unterschied in der Bewertung von Aufenthaltsort und Bewegungslinie (Wilcoxon-Test: $W = 236.5, p = .896$; Sign-Test: $S = 6, p = 1$), Aufenthaltsort und Vorhersage (Wilcoxon-Test: $W = 194.5, p = .2342$; Sign-Test: $S = 3, p = .0922$) und Bewegungslinie und Vorhersage (Wilcoxon-Test: $W = 286, p = .2739$; Sign-Test: $S = 10, p = .1796$) festgestellt werden.

5.5. Einflüsse der Visualisierungen auf die Einstellungen und den Umgang mit Location Based Services

Der folgende Abschnitt stellt die Veränderungen der Antworten des Vorher-Nachher-Vergleichs gruppiert nach thematischen Vorgaben vor. Für die folgenden Analysen wird ein Signifikanzniveau $\alpha = .05$ vorausgesetzt.

Wichtigkeit des Schutzes räumlicher Daten

Hier werden die Ergebnisse der Beurteilung der Wichtigkeit räumlicher Daten vorgestellt. Die erste Aussage, welche beurteilt wurde, war: "Durch Anwendungen gesammelte ortsbezogene Daten halte ich für schützenswert." Bereits vor der Betrachtung der Visualisierungen wurde dieser Aussage mit der Ausnahme einer Person zugestimmt. Nach dem Betrachten stimmten alle Personen dieser Aussage zu, mehr Personen tendieren dabei zu einer starken Zustimmung (siehe Abbildung 9 Plot 1). Die gegebenen Antworten unterscheiden sich signifikant, mit einem Verlauf in Richtung "stimme voll und ganz zu" (Wilcoxon-Test: $W = 0, p < .001$; Sign-Test: $S = 0, p = .0156$). Der zweiten Aussage ("Das meine raumbezogenen Daten nicht durch unbefugte Dritte gelesen werden können halte ich für wichtig.") wurden sowohl vorher als auch nachher fast vollständig zugestimmt. Ein starker Trend in der Stärke der Zustimmung ist nicht zu erkennen (vergleiche Abbildung 9 Plot 2). Ein signifikanter Unterschied der Antwortverteilung ist nicht messbar (Wilcoxon: $W = 21, p = .9123$; Sign-Test: $S = 5, p = .9375$). Die letzte Aussage zum Umgang mit raumbezogenen Daten bezog sich darauf, ob an das unerlaubte Teilen von räumlichen Daten durch einen LBS als einen Eingriff in die eigene persönliche Freiheit sehen würden. Vor der Betrachtung stimmten dieser Aussage 18 der 22 TeilnehmerInnen zu, nach der Betrachtung alle TeilnehmerInnen (siehe Abbildung 9 Plot 8). Eine signifikante Veränderung in Richtung "stimme voll zu" konnte hier beobachtet werden (Wilcoxon-Test: $W = 0, p < .001$; Sign-Test: $S = 0, p < .001$). Zu Betrachtung einer Gesamtveränderung zur Wertung der Vorher-Nachher-Verteilung muss die Vorher- und die Nachher-Verteilung Normalverteilt sein. Nach dem Shapiro-Wilk Test konnte vor der Betrachtung ($W = .9050, p = .0375$) keine Abweichung von einer Normalverteilung festgestellt werden. Auch die Betrachtung der qq -Quantile bestätigt das (siehe Abbildung D.4 Plot Pre). Der Shapiro-Wilk Test lehnt eine Normalverteilung der Nachher-Daten ab ($W = .9119, p = .0519$). Bei der Betrachtung der qq -Quantile fällt jedoch auf, dass lediglich ein größerer Ausreißer vorhanden ist (siehe Abbildung D.4 Plot Post). Daher kann auch für die Nachher-Verteilung eine Normalverteilung angenommen werden. Die durchschnittliche Antwortsumme verschiebt sich von Vorher zu Nachher in Richtung volle

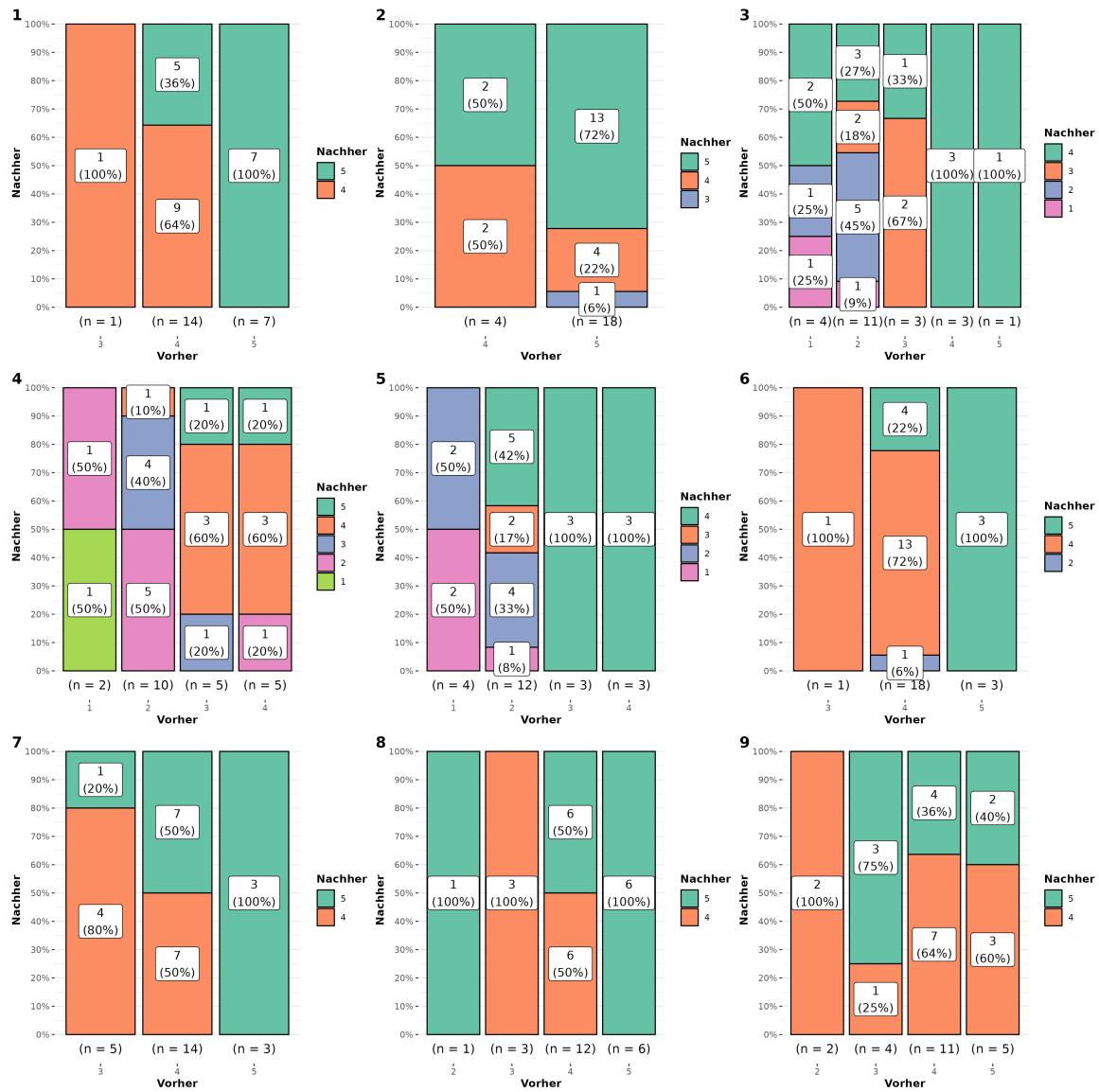


Abbildung (9): Vergleich der Vorher-Nachher Antworten zur Bewertung der Einflüsse der Visualisierungen auf den Umgang mit raumbezogenen Daten, LBS und Location Privacy. Aufführung der Fragen in der Reihenfolge des Fragebogens (Plot n bezieht sich auf Item n des Nachher-Fragebogens). Auflistung der Verteilung der Vorher-Antworten auf der x -Achse. Verteilung der Nachher-Gegebenen Antwort gruppiert nach Vorher-Antwort auf der y -Achse. Jakob Danel (2023)

Zustimmung (Vorher: $M = 11.8636, SD = 1.4241$; Nachher: $M = 13.1363, SD = 1.0821$). Ein gepaarter t -Test mit der Alternativhypothese, dass der wahre Mittelwert der Differenzen zwischen den Verteilungen kleiner als 0 ist, ergab einen signifikanten Unterschied ($t(21) = -2.3778, p = .0135$).

Umgang mit Location Based Services

Nachfolgend wird die Veränderung im Umgang mit LBS nach dem Betrachten der Visualisierungen präsentiert. Der Aussage “Datenschutzeinstellungen von Location Based Services werden von mir sorgfältig gelesen und vorgenommen.” wurde nach der Betrachtung der Visualisierungen deutlich öfter zugestimmt (vergleiche Abbildung 9 Plot 3). Diese Veränderung ließ sich auch mit dem Wilcoxon-Test ($W = 7, p = .0103$) und dem Sign-Test ($S = 5, p = .9375$) belegen. Bei der Aussage, ob die Datenschutzeinstellungen in einem LBS so restriktiv wie möglich eingestellt werden, verschoben sich die Meinungen öfters um eine Antwort in Richtung “stimme voll und ganz zu”. Eine signifikante Verschiebung in diese Richtung konnte auch statistisch nachgewiesen werden (Wilcoxon-Test: $W = 11, p = .0117$, Sign-Test: $S = 1, p = .0032$). Bei der dritten Aussage (“Ich informiere mich vor der Nutzung eines LBS über deren Datensicherheit.”) gab es ebenfalls eine Verschiebung der Antworten in Richtung volle Zustimmung (Wilcoxon-Test: $W = 4.5, p = .0017$, Sign-Test: $S = 1, p = 0.0017$).

Für eine Betrachtung der Antworten summiert, wird zunächst auf eine Normalverteilung geprüft. Der Shapiro-Wilk Test lehnt eine Normalverteilung für die Vorher-Daten nicht ab ($W = .90157, p = .0320$), für die Nachher-Daten hingegen schon ($W = .91925, p - value = .0734$). Durch die Analyse des *qq*-Plottes lässt sich dennoch die Annahme machen, dass die Nachher-Daten normalverteilt sind (geringe Streuung um die optimale Linie, vergleiche Abbildung D.5). Der gepaarte *t*-Test ergibt, dass der Mittelwert der summierten Nachher-Daten ($M = 7.1818, SD = 2.3018$), signifikant höher ist, als der Mittelwert der summierten Vorher-Daten ($M = 9.0454, SD = 2.9837$) ($t(21) = -3.6179, p < .001$).

Verständnis des Themas Location Privacy

In diesem letzten Teil wird beschrieben, ob und wie stark sich das Verständnis des Themas Location Privacy mit der Betrachtung der Visualisierungen verschoben hat. Die erste Aussage, welche sich auf dieses Thema bezog, ging auf das Verständnis des Begriffs Location Privacy ein. Dieser Aussage wurde sowohl vor als auch nach der Betrachtung der Visualisierungen fast ausnahmslos zugestimmt (vergleiche Abbildung 9 Plot 6). Daher konnte auch kein statistisch signifikanter Unterschied festgestellt werden (Wilcoxon-Test: $W = 6, p = .187$, Sign-Test: $S = 1, p = .1094$). Bei der zweiten Aussage ging es darum, ob der Person konkrete Auswirkungen auf die Location Privacy nennen könnte. Bei dieser Aussage konnte eine Verschiebung in Richtung volle Zustimmung festgestellt werden. So stimmten nach der Betrachtung alle Personen der Aussage zu, welche sich vorher neutral geäußert hatten (siehe Abbildung 9 Plot 7). Auch mithilfe des Wilcoxon-Tests ($W = 0, p < .001$) und des Sign-Tests ($S = 0, p < .001$) lässt sich eine signifikante Veränderung in diese Richtung feststellen. Auch bei der letzten Aussage (“Für die Auswirkungen das Analysieren von raumbezogenen Daten kann ich konkrete Beispiele finden.”) lässt sich eine ähnliche Entwicklung beobachten (siehe Abbildung 9 Plot 9). Dieser Veränderung ist ebenfalls durch die bekannten Testverfahren belegbar (Wilcoxon-Test: $W = 13.5, p = .0115$, Sign-Test: $S = 3, p = .0461$).

Bei der Betrachtung der summierten Antworten kann keine Normalität der Daten angenommen werden. Bei den Vorher-Daten weichen die Quantile deutlich vom 95% Konfidenzintervall ab (vergleiche Abbildung D.6). Auch die Nachher-Daten sind nicht eindeutig, zwar gibt es bei den Quantilen keine Ausreißer (vergleiche Abbildung D.6), dafür lehnt hier der Shapiro-Wilk Test eine Normalverteilung ab ($W = .91782, p = .0685$). Daher werden hier zu Betrachtung die Teststatistiken für ordinal verteilte Daten angewendet. Durch den Sign-Test wird angezeigt, dass sich die Vorzeichen der Differenzen nicht symmetrisch um 0 verteilen, sondern

in Richtung Negativität zeigen ($S = 1, p < 0.001$). Auch der Wilcoxon-Test zeigt, dass der Median der Differenzen kleiner als 0 sein muss ($V = 3.5, p < .001$). Damit lässt sich die Tendenz anzeigen, dass es eine Entwicklung in Richtung Zustimmung der Aussagen gab und es damit ein Verständnis des Themas Location Privacy durch das Betrachten der Visualisierungen gab.

6. Diskussion

Nachfolgend, zu den Ergebnissen, werden diese nun diskutiert. Dies geschieht auf Grundlage der Forschungsfrage: "Wie verändern Visualisierungen für eine immersive Videoumgebung, welche mögliche Auswirkungen des Sammelns von raumbezogenen Daten aufzeigen, die Wahrnehmung von Location Privacy innerhalb Location Based Services?" Um einen Überblick über die erzielten Ergebnisse zu haben, werden diese zunächst kurz vorgestellt. Anschließend werden die Erkenntnisse zum Verständnis der Visualisierungen diskutiert, um beurteilen zu können, wie valide die Ergebnisse zur Wirkung sind. Nachfolgend wird die Wirkung der Visualisierungen diskutiert, sowie die Veränderung der Wahrnehmung des Themas Location Privacy. Es werden die Einschränkungen der Generalisierung der Ergebnisse diskutiert, um im Anschluss die Forschungsfrage zu beantworten. Anschließend werden noch Vorschläge für auf dieser Arbeit aufbauende Arbeiten gemacht.

6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Hier werden die Ergebnisse kurz zusammengefasst. Die Visualisierungen waren insgesamt verständlich, allerdings waren Teile der Vorhersagen nicht direkt intuitiv verständlich, was jedoch nicht messbar war. Alle Informationen, welche dargestellt wurden, wurden insgesamt eher als bedrohlich wahrgenommen, bzw. die Informationen beschreiben die negativen Auswirkungen des Sammelns von raumbezogenen Daten und regen zu einem kritischen Umgang mit LBS an. Die Visualisierungen erzielen deutliche Einflüsse auf die Betrachtenden, so haben diese einen erhöhten Schutzbedarf Ihrer persönlichen räumlichen Daten, eine Sensibilisierung im Umgang mit LBS und ein erhöhtes Verständnis des Themas Location Privacy, insbesondere die Verbesserung der Fähigkeit, das Thema realitätsnah zu betrachten.

6.2. Verständnis der Visualisierungen

In diesem Abschnitt wird das Verständnis der Visualisierungen diskutiert. Die Aufenthaltsorte wurden dabei ohne Probleme verstanden. Dabei war beabsichtigt, dass die Visualisierungen Informationen ohne irgendeine Art von Abstraktion darbringt. Dieses Verständnis ist wichtig, um darüber aufzuklären, welche Informationen aus den Daten eines LBS generiert werden können. Die Visualisierungsart Bewegungslinie wurden ebenfalls im Allgemeinen verstanden. Einer Person fehlte dabei eine Angabe der Richtung für die Bewegung, da dies aber nur von einer Person bemängelt wurde, kann dies als hintergründig betrachtet werden. Vereinzelt Fragen gab es zu der Farbgebung der Bewegungslinien: Dies war so erwünscht, da die Farbe bewusst nicht erläutert wurde, um zum Nachdenken über die Bedeutung dieser anzuregen. Da die Farbgebung nicht explizit in der Aufgabenstellung/Erklärung erwähnt wurde, ist diese jedoch von den meisten TeilnehmerInnen ignoriert worden. Die Visualisierungsart Vorhersagen wurde im Gesamten verstanden, allerdings gab es hier bei der ein oder anderen Person leichte Anlaufschwierigkeiten diese direkt zu verstehen. Da die Visualisierungsart darauf angelegt war, nicht trivial zu sein und die Informationen sehr

abstrakt zu präsentieren, ist dies durchaus ein erwünschter Effekt gewesen. Da nahezu alle Personen die Visualisierungsart nach einer längeren Betrachtungszeit verstanden haben und die vereinzelt beobachtete nicht vorhandene Intuitivität sich nicht signifikant innerhalb der Antworten auf dem Fragebogen bemerkbar macht, kann dennoch von einer gut zu verstehenden Visualisierungsart gesprochen werden. Die Pilotstudie hat ergeben, dass eine kurze Einführung in die Thematik, sowie der Auftrag, die dargestellten Szenarien und Informationen auf die eigene Person zu beziehen für ein deutlich besseres Verständnis der Visualisierungen und der Intentionen hinter diesen führt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die theoretische erdachten Inhalte der Visualisierungen vollständig verstanden wurden und die Beurteilung der Wirkung dadurch nicht verfälscht wurde.

6.3. Wirkung der Visualisierungen

In diesem Abschnitt werden die Wirkungen der Visualisierungen diskutiert. Eine erste Beobachtung ist, dass die Wirkung stark abhängig vom Szenario ist. Der Wohnort wird dabei als der schützenswerteste Ort gesehen, hier werden keinerlei Informationen preisgegeben. Außerdem kann man sagen, dass je öffentlicher der dargestellte Ort der Datensammlung ist, desto weniger negative Auswirkungen werden beschrieben, bzw. desto mehr egal wird das Sammeln. Beispielsweise im Pendel-Szenario wurden weitaus weniger deutlich persönliche Auswirkungen der dargestellten Risiken beschrieben, als an anderen Orten. Des Weiteren ließ sich beobachten, dass oftmals versucht wird, die Vorteile in den gezeigten Daten zu sehen, eine Beobachtung, welche beispielsweise auch von Ataei, Degbelo und Kray gemacht wurde. Dies bedeutet konkret, dass zunächst überlegt wird, ob aus den Daten ein Nutzen gezogen werden kann, sowohl aus einer individuellen Perspektive, als auch aus einer gesellschaftlichen Perspektive. Des Weiteren konnte festgestellt werden, dass die gezeigten Informationen einen hohen Einfluss auf die Bewertung der Wirkung haben. Dabei wird zum einen Bezug auf das Maß an Details geachtet, also ob eine Visualisierung eher standardmäßige Informationen enthält (Die Person geht an Werktagen regelmäßig an Ihren Arbeitsort) oder ungewöhnliche und konkrete Informationen (Die Person reist zu einem konkreten Zeitpunkt von einem konkreten Gleis). Oftmals werden die gezeigten Informationen mit anderen aus Vorwissen bekannten Analysemöglichkeiten von Daten verbunden, beispielsweise Ad-Targeting, Partei-Targeting oder die Untersuchung des Kaufverhaltens. Die gezeigten Informationen lösten teilweise ein starkes Gefühl der Überwachung aus, so wurden dystopische Überwachungszustände geschildert. Beispielsweise ein Missbrauch der Daten nach dem Vorbild der Stasi oder die Entwicklung eines Social Credit System (Systeme zur Regulierung von sozialen Problemen einer Gesellschaft, durch Sammlung und Bewertung von persönlichen Daten der Mitglieder dieser Gesellschaft [89]). Die Art der Information, welche die Auswirkungen zeigen, hat individuell teilweise unterschiedliche Gewichtung, insgesamt verhält sich die Gewichtung der Visualisierungsarten aber gleichmäßig, keine der drei Visualisierungsarten wird als besonders deutlich/besonders harmlos bewertet.

6.4. Einflüsse der Visualisierungen

Die Visualisierungen haben einen großen Einfluss auf den Umgang mit LBS und das Verständnis des Themas Location Privacy. Vor der Betrachtung gab es insgesamt eine hohe Gewichtung der eigenen Datensicherheit, aber eher geringe Nutzung von Schutzmechanismen in LBS. Nach der Betrachtung wurde die eigene Datensicherheit noch höher gewichtet, zudem gab es deutlich mehr Interesse an persönlichen Schutzmechanismen.

Grundsätzlich gibt es einen hohen Schutzbedarf für räumliche Daten. Durch die Visualisierungen wurde dieser Schutzbedarf bestätigt und sogar noch erhöht. Der Umgang mit LBS und deren Datenschutzeinstellungen ist grundsätzlich eher ambivalent, die Visualisierungen zeigen den Betrachtenden auf, dass es wichtig ist, sich mit diesen zu beschäftigen. Vorher wurde nur teilweise sich damit beschäftigt, anderen ist es ziemlich egal wie ein LBS aus Perspektive der Sicherheit der eigenen Daten konfiguriert ist, danach gibt es nur noch vereinzelt Personen, die kein Interesse haben, deutlich mehr Personen wollen sich damit beschäftigen. Durch die Betrachtung der Visualisierungen lassen sich deutlich mehr praxisnahe Beispiele für die Erklärung des Begriffes Location Privacy finden. Vor der Betrachtung gibt es lediglich ein Verständnis des Begriffes Location Privacy (welcher durch den einführenden Text zu Beginn der Studie mit geprägt wurde.). Die erzielten Ergebnisse zum Verständnis von Location Privacy ähneln den Ergebnissen aus einer anderen Arbeit, welche einen anderen Ansatz zum Erlernen des Themas entwickelt hat [48].

6.5. Beschränkungen der Generalisierung der Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden Einflüsse diskutiert, welche Auswirkungen auf die Generalisierung der erzielten Ergebnisse haben könnten. Zum einen wurde von 4 der 22 TeilnehmerInnen angegeben, dass diese keine LBS nutzen. Dies kann verschiedene Gründe haben. Zum einen kann es sein, dass diese Personen durch den einführenden Text nicht eindeutig verstanden haben, was ein LBS ist. Eine weitere Möglichkeit ist, dass diese Personen die gelegentliche Nutzung von Navigationssystemen nicht als Nutzung von LBS bewertet haben. Natürlich ist es auch möglich, dass diese Personen tatsächlich keine LBS nutzen. Da diese Angabe nur von 18.18% der TeilnehmerInnen getätigt wurden und nur eine der drei Varianten tatsächlich zu einem Einfluss auf die Ergebnisse führen würde, kann der Effekt auf das Ergebnis als gering betrachtet werden. Das siebte Item der Vorher/Nachher-Fragen bezog sich auf das Verständnis des Begriffes Location Privacy. Da auf dem Vorher-Fragebogen dieser explizit erklärt wurde, kann dieses Verständnis nicht durch die Visualisierungen stark beeinflusst werden. Das Item kann also eher als ein Maß für das Verständnis des Einführungstextes betrachtet werden und nicht für einen Vergleich des Standes vor mit dem Stand nach dem Zeigen der Visualisierungen. Da jedoch nicht nur die Gesamtbetrachtung beim Verständnis die Tendenz zu einem besseren Verständnis hat, sondern auch die beiden anderen Items zum Verständnis, kann der Effekt auf die Auswertungsergebnisse als eher gering betrachtet werden (Das Item bewegt die Bewertung in Richtung keine Signifikanz, als, dass es das Ergebnis fälschlicherweise signifikant erscheinen lässt.) Ein weiterer möglicher Einfluss auf die Bewertung ist, dass jeder Person im Within-Group Design alle Visualisierungsarten gezeigt wurden und es so zu einer Beeinflussung durch zuvor betrachtete Visualisierungsarten kommen kann. Da es aber keinen signifikanten Unterschied zwischen den Visualisierungsarten im Verständnis und in der Wirkung gab, hat das keinen Einfluss auf die Ergebnisse.

6.6. Beantwortung der Forschungsfrage

Dieser Abschnitt beantwortet anhand der Ergebnisse der Diskussion die Forschungsfrage. Dazu wird sich an den in Kapitel 1.2 eingeführten Hypothesen orientiert.

H₁: Die Visualisierungen stellen, die möglichen Auswirkungen von einer Verletzung von Location Privacy verständlich dar. Diese Hypothese kann voll und ganz bestätigt werden. Alle drei Visuali-

sierungsarten sind verständlich. Dies zeigten sowohl die qualitativen Aussagen der TeilnehmerInnen der Studie, als auch die gegebenen Antworten. Alle Visualisierungsarten erzielen den gewünschten Effekt, von der reinen Präsentation der Ergebnisse hin, bis zur Betrachtung von abstrakten Auswirkungen und der Auseinandersetzung mit der Intention sowie den Datengrundlagen.

H₂: Die Visualisierungsarten erwirken eine negative Bewertung für das Sammeln von raumbezogenen Daten, die Schwere der Bewertung unterscheidet sich aber zwischen den Visualisierungsarten und teilweise auch innerhalb der Komponenten der Visualisierungen. Dieser Hypothese kann teilweise zugestimmt werden. Der Aussage, dass das Sammeln und eventuelle Weitergeben der gezeigten Informationen als negativ bewertet wird, kann zugestimmt werden. Es wurden deutlich negative Auswirkungen durch die Betrachtenden beschrieben und die Auswirkungen wurden für alle drei Visualisierungsarten als hoch beschrieben. Auch eine Unterscheidung zwischen den einzelnen Komponenten in der Bewertung wurde identifiziert. Die Hypothese ist jedoch in dem Aspekt widerlegt, als dass es zu keinen großen Unterscheidungen zwischen den einzelnen Visualisierungsarten gab, in Bezug auf die Bewertung der Wirkung.

H₃: Die Visualisierungen entwickeln ein besseres praxisbezogenes Verständnis für das Thema Location Privacy. Diese Hypothese konnte bewiesen werden, durch die Visualisierungen entwickelten sich realistische Beispiele, welche sich direkt auf eigene Lebenssituationen übertragen lassen, für das Thema Location Privacy, bei den TeilnehmerInnen.

H₄: Die Visualisierungen erhöhen das persönliche Schutzmotiv gegenüber räumlichen Daten. Auch diese Hypothese konnte bewiesen werden, trotz eines schon vor der Betrachtung hohem Schutzgefühl gegenüber den eigenen raumbezogenen Daten, wurde dieses Schutzgefühl durch die Betrachtung der Visualisierungen signifikant erhöht.

H₅: Die Visualisierungen sensibilisieren im Umgang mit LBS in Bezug auf dessen Datenaktivitäten und Datenschutzeinstellungen. Auch diese Hypothese wird durch die erhobenen Daten gestützt. Die Visualisierungen führen dazu, dass die Betrachtenden sich vor der Nutzung eines LBS mehr mit der Datensicherheit der Applikation beschäftigen, sowie die Einstellungen restriktiver und sorgfältiger setzen.

Die Visualisierungen haben insgesamt also eine deutliche Wirkung auf Betrachtende. Sie zeigen die Auswirkungen der Datensammlung durch Applikationen, sowie die Wichtigkeit des Themas Location Privacy. Die Visualisierungen haben einen Einfluss auf die Betrachtenden. Diese haben eine erhöhte Sensibilität im Umgang mit Ihren persönlichen, raumbezogenen Daten, außerdem verändert sich der Umgang mit LBS dazu, dass die Personen kritischer im Umgang mit den Einstellungen zum Teilen Ihrer Daten umgehen. Auch das Verständnis des Themas Location Privacy, insbesondere das Entwickeln von praxisnahen Beispielen wurde durch die Visualisierungen verbessert.

6.7. Ansätze für mögliche Weiterentwicklungen

Im folgenden Abschnitt werden zunächst einige Vorschläge gemacht, wie man die entwickelten Visualisierungen weiter entwickeln kann. Anschließend werden noch Möglichkeiten der weiteren Evaluation vorgestellt.

Eine mögliche Idee wäre die Umsetzung der Visualisierungen mithilfe variablen Daten. Ein Service könnte die Bewegungsdaten von den Betrachtenden prozessieren und so die Visualisierungen mit dynamischen Inhalten auf die Person zugeschnitten produzieren. Auch eine Variabilität der Videos, sodass ein Video auf eine bestimmte betrachtende Person und dessen Lebenssituation zugeschnitten ist, wäre vorstellbar. Vorstellbar wäre ebenfalls, noch weitere Visualisierungsarten zu entwickeln, welche Auswirkungen auf die Location Privacy aufzeigen und diese mit den in dieser Arbeit entwickelten Visualisierungsarten zu vergleichen.

In weiteren Arbeiten zur Evaluation der Visualisierungsarten, könnte man außerdem das Verständnis noch genauer untersuchen. Dazu wäre beispielhaft das Führen eines strukturierten Interviews nach der Betrachtung sinnvoll. Auch der Einfluss auf die Verständlichkeit des Themas Location Privacy kann beispielsweise in einer Aufgabenstellung, in der die TeilnehmerInnen die gezeigten Informationen auf Ihre eigene Situation übertragen sollen, weiter überprüft werden. Auch eine Evaluation zum Vergleich verschiedener demografischer Klassen, beispielsweise Alter oder Bildungsgrad wäre denkbar.

7. Zusammenfassung und Ausblick

Im folgenden Kapitel wird abschließend der Blick wieder zurück auf die ursprüngliche Problemstellung der Arbeit gelenkt, sowie die wichtigsten Erkenntnisse, die diese Arbeit zu der Problemstellung beitragen kann aufgeführt. Anschließend werden Einsatzmöglichkeiten in praktischen Umgebungen vorgestellt.

Das Thema Location Privacy hat eine deutliche Relevanz, jedoch hat diese Arbeit gezeigt, dass es zwar ein Schutzbedarf bei den NutzerInnen von LBS gibt, es jedoch keinen sensiblen Umgang mit den LBS gibt und es auch kein genaues Verständnis von Location Privacy unter den NutzerInnen gibt. Diese Arbeit nutzt die Vorteile einer immersiven Videoumgebung, insbesondere den, dass die Informationen in einer sehr realitätsnahen Umgebung gezeigt werden, um das Thema Location Privacy den NutzerInnen von LBS näherzubringen.

Die Arbeit hat herausgefunden, dass dies sehr gut möglich ist. Die dazu entwickelten Visualisierungen sind gut verständlich und die Informationen welche dargestellt werden, werden als privat eingestuft (wobei es zu einer Abstufung der Wichtigkeit anhand der Wertung der des Ortes kommt). Durch die immersiven Visualisierungen erhöht sich das persönliche Schutzgefühl für Daten, welche durch LBS gesammelt werden, sowie der Umgang mit dem LBS und den damit verbundenen Einstellungen zum Teilen von Daten. Außerdem erhöht sich das praxisnahe Verständnis des Themas Location Privacy bei den Betrachtenden der Visualisierungen.

Die Visualisierungen können somit als Grundlage genutzt werden, um weiterführende Überlegungen für Auswirkungen anzustellen und Schutzmaßnahmen für das Sammeln von raumbezogenen Informationen zu entwickeln. Da die Visualisierungen das Thema Location Privacy der Zielgruppe (NutzerInnen von LBS) erläutern können, sind die entwickelten Visualisierungen in der Zukunft nutzbar, um sie großen Gruppen von NutzerInnen vorzustellen und damit die Bildung im Bereich Location Privacy deutlich zu verbessern.

A. Referenzen

Abbildungsverzeichnis

1.	Hardwarearchitektur des IVEs. Vordergründig die drei Leinwände, auf die eine beispielhafte Visualisierung mithilfe von drei Beamern, welche sich auf der Rückseite der Leinwände befinden, projiziert werden. <i>Eigene Aufnahme vom 26. April 2023</i>	9
2.	Beispiel für eine der designten Sprechblasen, welche innerhalb der Videos platziert wurden. Im allgemeinen werden die folgenden Punkte dargestellt: Beschreibung der Lokalität; Beschreibung der Funktion, welche die Lokalität einnimmt; Die Häufigkeit des Aufenthaltes an der entsprechenden Lokalität. Insbesondere werden hier auftretende Muster im Bereich der Uhrzeit oder der Wochentage aufgeführt; Der letzte Besuch der Örtlichkeit, beschrieben durch einen vom aktuellen Zeitpunkt relativen Zeitstempel	11
3.	Skizzierung des Ablaufplans der Studie, Ablauf der Studie in Pfeilrichtung, mit den Inhalten, welche stichpunktartig festgehalten wurden.	15
4.	Darstellung der durchgeföhrten qualitativen Analysen. Jeder Pfeil stellt eine Analyse dar. Aussern wird das Untersuchungsziel dargestellt (<i>orange</i>). Innen befinden sich die Untersuchungen der Differenzierungen (<i>grün</i>) und die Codierungen (<i>blau</i>)	21
5.	Kategorisierung des Verständnisses der Visualisierungsarten ‘Aufenthaltsorte’, ‘Bewegungslinien’ und ‘Vorhersagen’ durch die TeilnehmerInnen anhand der während des Experimentes getätigten Aussagen. Bezeichnung von “ <i>Die Person hat die Aussage hinter der Visualisierungsart nicht verstanden.</i> ” als nicht verstanden, “ <i>Ob die Person die Aussage hinter der Visualisierungsart verstanden hat, kann nicht abschließend beantwortet werden</i> ” als neutral und “ <i>Die Person hat die Aussage hinter der Visualisierungsart verstanden.</i> ” als verstanden. <i>Jakob Danel 2023</i>	24
6.	Antworten der TeilnehmerInnen zum Verständnis und zur Intuitivität der einzelnen Visualisierungsarten. Antwortmöglichkeiten: 1 - ‘Stimme überhaupt nicht zu’; 2 - Stimme nicht zu; 3 - Stimme weder zu noch lehne ich ab; 4 - Stimme zu; 5 - Stimme voll und ganz zu. Die Visualisierungsarten sind spaltenweise sortiert, die Fragen reihenweise. <i>Jakob Danel (2023)</i>	25
7.	Kategorisierung der Auswirkungen der Visualisierungsarten ‘Aufenthaltsorte’, ‘Bewegungslinien’ und ‘Vorhersagen’ durch die TeilnehmerInnen anhand der während des Experimentes getätigten Aussagen. Bezeichnung von “ <i>Die Person beschreibt die Wirkung der gezeigten Informationen auf Ihr Vertrauen gegenüber LBS als negativ</i> ” als “Auswirkungen sind negativ”, “ <i>Die Person beschreibt die Wirkung der gezeigten Informationen auf Ihr Vertrauen gegenüber LBS als neutral</i> ” als “Auswirkungen sind neutral” und “ <i>Die Person beschreibt die Wirkung der gezeigten Informationen auf Ihr Vertrauen gegenüber LBS als positiv</i> .” als “Auswirkungen sind positiv”. <i>Jakob Danel 2023</i>	28

8. (A) Verteilung der Antworten auf die Frage 2.12 des Nachher-Fragebogens von 1 (“Stimme überhaupt nicht zu”) bis 5 (“Stimme voll und ganz zu”). (B) Verteilung der Antworten auf die Frage 2.15 des Nachher-Fragebogens von 1 (“Stimme überhaupt nicht zu”) bis 5 (“Stimme voll und ganz zu”). (C) Verteilung der Antworten auf die Frage 2.18 des Nachher-Fragebogens von 1 (“Stimme überhaupt nicht zu”) bis 5 (“Stimme voll und ganz zu”). <i>Jakob Danel 2023</i>	29
9. Vergleich der Vorher-Nachher Antworten zur Bewertung der Einflüsse der Visualisierungen auf den Umgang mit raumbezogenen Daten, LBS und Location Privacy. Aufführung der Fragen in der Reihenfolge des Fragebogens (Plot n bezieht sich auf Item n des Nachher-Fragebogens). Auflistung der Verteilung der Vorher-Antworten auf der x -Achse. Verteilung der Nachher-Gegebenen Antwort gruppiert nach Vorher-Antwort auf der y -Achse. <i>Jakob Danel (2023)</i>	31
B.1. Frauenstrasse	40
B.2. Pendel-Szenario: Hauptbahnhof	40
B.3. Arbeits-Szenario: Geo 1 Gebäude	40
B.4. Wohnort-Szenario: Frauenstrasse	41
B.5. Pendel-Szenario: Hauptbahnhof	41
B.6. Arbeits-Szenario: Geo 1 Gebäude	41
B.7. Wohnort-Szenario: Frauenstrasse	42
B.8. Pendel-Szenario: Hauptbahnhof	42
B.9. Arbeits-Szenario: Geo 1 Gebäude	42
C.1. Vorher-Fragebogen: Seite 1/3	44
C.2. Vorher-Fragebogen: Seite 2/3	45
C.3. Vorher-Fragebogen: Seite 3/3	46
C.4. Nachher-Fragebogen: Seite 1/4	47
C.5. Nachher-Fragebogen: Seite 2/4	48
C.6. Nachher-Fragebogen: Seite 3/4	49
C.7. Nachher-Fragebogen: Seite 4/4	50
C.8. Einverständniserklärung: Seite 1/2	51
C.9. Einverständniserklärung: Seite 2/2	52
C.10. Informationen zum Debriefing (einseitig)	53
C.11. Ablaufplan: Seite 1/3	54
C.12. Ablaufplan: Seite 2/3	55
C.13. Ablaufplan: Seite 3/3	56
C.14. Dokumentierung des Studienablaufs (einseitig)	57
D.1. (A) Verteilung der summierten Antworten zum Verständnis der Visualisierungsarten. Aufsummierung der Codierung der Antworten zu den Aussagen 2.10, 2.13 und 2.16. (B) qq-Plot, welches die gemessenen Quantile der Verteilung mit den theoretischen Quantilen einer Normalverteilung vergleicht, generiert aus der Verteilung der summierten Antworten. <i>Jakob Danel (2023)</i>	58

TABELLENVERZEICHNIS

D.2. (A) Verteilung der summierten Antworten zur Intuitivität der Visualisierungsarten. Aufsummierung der Codierung der Antworten zu den Aussagen 2.11, 2.14 und 2.17. (B) <i>qq</i> -Plot, welches die gemessenen Quantile der Verteilung mit den theoretischen Quantilen einer Normalverteilung vergleicht, generiert aus der Verteilung der summierten Antworten. <i>Jakob Danel (2023)</i>	59
D.3. (A) Verteilung der summierten Antworten zur Wirkung der Visualisierungsarten. Aufsummierung der Codierung der Antworten zu den Aussagen 2.12, 2.15 und 2.18. (B) <i>qq</i> -Plot, welches die gemessenen Quantile der Verteilung mit den theoretischen Quantilen einer Normalverteilung vergleicht, generiert aus der Verteilung der summierten Antworten. <i>Jakob Danel (2023)</i>	59
D.4. Vergleich der gemessenen Quantilen (<i>x</i> -Achse) und der theoretischen Quantile (<i>y</i> -Achse) der Verteilung der summierten Antworten zur Wertung der Wichtigkeit von räumlichen Daten (Fragen 1, 2 und 8). Linke Abbildung enthält die Verteilung der Antworten vor dem Betrachten als Grundlage, die rechte Abbildung die Antworten nach dem Betrachten. <i>Jakob Danel 2023</i>	60
D.5. Vergleich der gemessenen Quantilen (<i>x</i> -Achse) und der theoretischen Quantile (<i>y</i> -Achse) der Verteilung der summierten Antworten zum Umgang mit LBS (Fragen 3, 4 und 5). Linke Abbildung enthält die Verteilung der Antworten vor dem Betrachten als Grundlage, die rechte Abbildung die Antworten nach dem Betrachten. <i>Jakob Danel 2023</i>	60
D.6. Vergleich der gemessenen Quantilen (<i>x</i> -Achse) und der theoretischen Quantile (<i>y</i> -Achse) der Verteilung der summierten Antworten zum Verständnis des Themas Location Privacy (Fragen 6, 7 und 9). Linke Abbildung enthält die Verteilung der Antworten vor dem Betrachten als Grundlage, die rechte Abbildung die Antworten nach dem Betrachten. <i>Jakob Danel 2023</i>	61

Tabellenverzeichnis

1. Anwendungsbereiche und Methoden: Auflistung aller Anwendungsbereiche, welche der erhobenen quantitativ Daten mit welchen statistischen Methoden analysiert werden sollen.	18
2. Vergleich des Verständnisses zwischen den einzelnen Visualisierungsarten: Teststatistik und <i>p</i> -Wert des Wilcoxon-Tests und des Sign-Tests zum Vergleich der Bewertung von Verständnis und Intuitivität der Visualisierungsarten. Die Nullhypothese sieht jeweils keinen signifikanten Unterschied vor, bei einer Ablehnung wären die Verteilungen verschiedenen (Sign-Test: Differenzen Unsymmetrisch um Null verteilt, Wilcoxon-Tst: Wahrer Median der Differenzen verscheiden von null) Da beide Testverfahren die Eigenschaft der Symmetrie aufweisen, wird der Vergleich jeweils nur in eine Richtung aufgeführt.	26

Literatur

- [1] P. Schreiner, *Is Privacy at Risk in a Digital World?* Abgerufen am 13. Juni 2023, 2023. Adresse: <https://isg-one.com/articles/is-privacy-at-risk-in-a-digital-world>.
- [2] S. Warren und L. Brandeis, „The right to privacy,“ in *Killing the Messenger*, Columbia University Press, 1980, S. 1–21.
- [3] K. Barker, M. Askari, M. Banerjee u. a., „A data privacy taxonomy,“ in *Dataspace: The Final Frontier*, Springer, Birmingham, 2009, S. 42–54.
- [4] I. A. of Privacy Professionals (IAPP), *What is Privacy*, Abgerufen am 13. Juni 2023, 2023. Adresse: <https://iapp.org/about/what-is-privacy/>.
- [5] L. Bargiotti, I. Gielis, B. Verdegem u. a., „Guidelines for public administrations on location privacy: European Union Location Framework,“ Joint Research Centre (Seville site), Techn. Ber., 2016.
- [6] A. Beresford und F. Stajano, „Location privacy in pervasive computing,“ *IEEE Pervasive Computing*, Jg. 2, Nr. 1, S. 46–55, 2003. DOI: 10.1109/MPRV.2003.1186725.
- [7] J. Dreyer, S. Heitmann, F. Erdmann, G. Bauer und C. Kray, „‘Informed’consent in popular location based services and digital sovereignty,“ *Journal of Location Based Services*, Jg. 16, Nr. 4, S. 312–342, 2022.
- [8] ITU, „Recommendation X.1205 (04/08),“ International Telecommunication Union, Geneva, Schweiz, Recommendation Paper 04/08, Apr. 2008.
- [9] J. Roth, *Data Collection*. 2004.
- [10] IEEE und T. O. Group, *A.4.16 Seconds Since the Epoch*, Abgerufen am 13. Juni 2023, 2018. Adresse: https://pubs.opengroup.org/onlinepubs/9699919799/xrat/V4_xbd_chap04.html.
- [11] ISO Central Secretary, „Date and Time on the Internet: Timestamps,“ en, Klyne, C. und Newman, C., Standard RFC 3339, 2002. Adresse: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc3339>.
- [12] c. Assistant Secretary of Defense for command control und intelligence, „Global Positioning System Standard Positioning System Perfomance Standard,“ Assistant Secretary of Defense, 6000 Defense Pentagon, Washington, DC 20301-6000 USA, Report, Okt. 2001.
- [13] B. Bruegger und H. Zwingelberg, „Location Services can Systematically Track Vehicles with WiFi Access Points at Large Scale,“ Unabhängiges Landeszentrum für Datenschutz Schleswig-Holstein (ULD), Mai 2019.
- [14] K. Al-Hussaeni, „Anonymizing Trajectory Data,“ in *Encyclopedia of Machine Learning and Data Science*, D. Phung, G. I. Webb und C. Sammut, Hrsg. New York, NY: Springer US, 2020, S. 1–4, ISBN: 978-1-4899-7502-7. DOI: 10.1007/978-1-4899-7502-7_983-1. Adresse: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7502-7_983-1.

- [15] A. Küpper, *Location-based services: fundamentals and operation*, Online Edition. Toronto: John Wiley & Sons, 2005.
- [16] J. Freudiger, R. Shokri und J.-P. Hubaux, „Evaluating the privacy risk of location-based services,“ in *Financial Cryptography and Data Security: 15th International Conference, FC 2011, Gros Islet, St. Lucia, February 28-March 4, 2011, Revised Selected Papers 15*, Springer, 2012, S. 31–46.
- [17] T. Dalenius, „Finding a needle in a haystack or identifying anonymous census records,“ *Journal of official statistics*, Jg. 2, Nr. 3, S. 329, 1986.
- [18] C. Bettini, X. S. Wang und S. Jajodia, „Protecting privacy against location-based personal identification,“ in *Secure Data Management: Second VLDB Workshop, SDM 2005, Trondheim, Norway, September 2-3, 2005. Proceedings 2*, Springer, 2005, S. 185–199.
- [19] P. Golle und K. Partridge, „On the anonymity of home/work location pairs,“ in *Pervasive Computing: 7th International Conference, Pervasive 2009, Nara, Japan, May 11-14, 2009. Proceedings 7*, Springer, 2009, S. 390–397.
- [20] D. Ashbrook und T. Starner, „Using GPS to learn significant locations and predict movement across multiple users,“ *Personal and Ubiquitous Computing*, Jg. 7, Nr. 5, S. 275–286, Okt. 2003, ISSN: 1617-4917. DOI: 10.1007/s00779-003-0240-0. Adresse: <https://doi.org/10.1007/s00779-003-0240-0>.
- [21] J. Krumm, „Inference attacks on location tracks,“ in *Pervasive Computing: 5th International Conference, PERVASIVE 2007, Toronto, Canada, May 13-16, 2007. Proceedings 5*, Springer, 2007, S. 127–143.
- [22] L. Liao, D. Fox und H. A. Kautz, „Location-Based Activity Recognition using Relational Markov Networks,“ in *IJCAI*, Citeseer, Bd. 5, 2005, S. 773–778.
- [23] J. Petzold, F. Bagci, W. Trumler und T. Ungerer, „Comparison of Different Methods for Next Location Prediction,“ in *Euro-Par 2006 Parallel Processing*, W. E. Nagel, W. V. Walter und W. Lehner, Hrsg., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006, S. 909–918, ISBN: 978-3-540-37784-9.
- [24] J. Petzold, A. Pietzowski, F. Bagci, W. Trumler und T. Ungerer, „Prediction of Indoor Movements Using Bayesian Networks,“ in *Location- and Context-Awareness*, T. Strang und C. Linnhoff-Popien, Hrsg., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2005, S. 211–222, ISBN: 978-3-540-32042-5.
- [25] L. Vintan, A. Gellert, J. Petzold und T. Ungerer, „Person movement prediction using neural networks,“ in *Workshop on Modeling and Retrieval of Context 2004, MRC 2004, located at the 27th German Conference on Artificial Intelligence, Ulm, Germany, September 2004*, 2004.
- [26] I.-C. K. Chen, J. T. Coffey und T. N. Mudge, „Analysis of branch prediction via data compression,“ *ACM SIGPLAN Notices*, Jg. 31, Nr. 9, S. 128–137, 1996.
- [27] J. Petzold, F. Bagci, W. Trumler und T. Ungerer, „Confidence Estimation of the State Predictor Method,“ in *Ambient Intelligence*, P. Markopoulos, B. Eggen, E. Aarts und J. L. Crowley, Hrsg., Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, S. 375–386, ISBN: 978-3-540-30473-9.
- [28] C. Bauer und C. Strauss, „Location-based advertising on mobile devices,“ *Management Review Quarterly*, Jg. 66, Nr. 3, S. 159–194, Juni 2016, ISSN: 2198-1639. DOI: 10.1007/s11301-015-0118-z. Adresse: <https://doi.org/10.1007/s11301-015-0118-z>.

- [29] L. Sweeney, „k-anonymity: A model for protecting privacy,“ *International journal of uncertainty, fuzziness and knowledge-based systems*, Jg. 10, Nr. 05, S. 557–570, 2002.
- [30] G. Myles, A. Friday und N. Davies, „Preserving privacy in environments with location-based applications,“ *IEEE Pervasive Computing*, Jg. 2, Nr. 1, S. 56–64, 2003. DOI: 10.1109/MPRV.2003.1186726.
- [31] M. Youssef, V. Atluri und N. R. Adam, „Preserving mobile customer privacy: an access control system for moving objects and customer profiles,“ in *Proceedings of the 6th international conference on Mobile data management*, 2005, S. 67–76.
- [32] C. Balkow, G. Buchwald-Chassee, J. Dreyer u. a., „Halbzeitbericht (Juli 2020 bis Juni 2022),“ Souveränes und Intuitives Management personenbezogener Ortsinformationen (SIMPORT), Juni 2022.
- [33] H. Kido, Y. Yanagisawa und T. Satoh, „An anonymous communication technique using dummies for location-based services,“ in *ICPS'05. Proceedings. International Conference on Pervasive Services, 2005*, IEEE, 2005, S. 88–97.
- [34] M. Yiu, C. Jensen, X. Huang und H. Lu, „SpaceTwist: Managing the Trade-Offs Among Location Privacy, Query Performance, and Query Accuracy in Mobile Services,“ Mai 2008, S. 366–375, ISBN: 978-1-4244-1836-7. DOI: 10.1109/ICDE.2008.4497445.
- [35] F. Saint-Jean, „Java implementation of a single-database computationally symmetric private information retrieval (cSPIR) protocol,“ YALE UNIV NEW HAVEN CT DEPT OF COMPUTER SCIENCE, Techn. Ber., 2005.
- [36] R. Paulet, M. G. Kaosar, X. Yi und E. Bertino, „Privacy-preserving and content-protecting location based queries,“ *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, Jg. 26, Nr. 5, S. 1200–1210, 2013.
- [37] S. Papadopoulos, S. Bakiras und D. Papadias, „Nearest neighbor search with strong location privacy,“ *Proceedings of the VLDB Endowment*, Jg. 3, Nr. 1-2, S. 619–629, 2010.
- [38] J. Krumm, „A survey of computational location privacy,“ *Personal and Ubiquitous Computing*, Jg. 13, Nr. 6, S. 391–399, Aug. 2009, ISSN: 1617-4917. DOI: 10.1007/s00779-008-0212-5. Adresse: <https://doi.org/10.1007/s00779-008-0212-5>.
- [39] M. Colbert, „A diary study of rendezvousing: implications for position-aware computing and communications for the general public,“ in *Proceedings of the 2001 International ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work*, 2001, S. 15–23.
- [40] E. Kaasinen, „User needs for location-aware mobile services,“ *Personal and ubiquitous computing*, Jg. 7, Nr. 1, S. 70, 2003.
- [41] M. Ataei, A. Degbelo und C. Kray, „Privacy theory in practice: designing a user interface for managing location privacy on mobile devices,“ *Journal of Location Based Services*, Jg. 12, Nr. 3-4, S. 141–178, 2018.
- [42] J. Cornwell, I. Fette, G. Hsieh u. a., „User-controllable security and privacy for pervasive computing,“ in *Eighth IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, IEEE, 2007, S. 14–19.
- [43] S. Egelman, J. Bernd, G. Friedland und D. Garcia, „The Teaching Privacy Curriculum,“ in *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education*, Ser. SIGCSE '16, Memphis, Tennessee, USA: Association for Computing Machinery, 2016, S. 591–596, ISBN: 9781450336857. DOI: 10.1145/2839509.2844619. Adresse: <https://doi.org/10.1145/2839509.2844619>.

- [44] D. Seidl, *How to Protect Your Location Privacy*, Abgerufen am 13. Juni 2023, 2020. Adresse: <https://news.colgate.edu/magazine/2020/05/01/how-to-protect-your-location-privacy/>.
- [45] C. Riederer, D. Echickson, S. Huang und A. Chaintreau, „Findyou: A personal location privacy auditing tool,“ in *Proceedings of the 25th International Conference Companion on World Wide Web*, 2016, S. 243–246.
- [46] B. Baron und M. Musolesi, „Where you go matters: a study on the privacy implications of continuous location tracking,“ *Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies*, Jg. 4, Nr. 4, S. 1–32, 2020.
- [47] A. Boutet und S. Gambs, „Inspect What Your Location History Reveals About You: Raising User Awareness on Privacy Threats Associated with Disclosing His Location Data,“ in *Proceedings of the 28th ACM International Conference on Information and Knowledge Management*, Ser. CIKM ’19, Beijing, China: Association for Computing Machinery, 2019, S. 2861–2864, ISBN: 9781450369763. DOI: 10.1145/3357384.3357837. Adresse: <https://doi.org/10.1145/3357384.3357837>.
- [48] N. Li, V. Chava und L. Li, „A labware for educating location privacy protection in location-based services,“ *Journal of Computing Sciences in Colleges*, Jg. 32, Nr. 4, S. 40–48, 2017.
- [49] J. Yang, O.-G. Niculaescu und G. Ghinita, „A game-oriented educational tool for location privacy topics,“ in *Proceedings of the 25th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, 2017, S. 1–4.
- [50] J. Alemany, E. Del Val und A. Garcia Fornes, „Assessing the Effectiveness of a Gamified Social Network for Applying Privacy Concepts: An Empirical Study with Teens,“ *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Jg. 13, Nr. 4, S. 777–789, 2020.
- [51] P. Hehn, D. Lutsch und F. Pessel, „23 - Inducing context with immersive technologies in sensory consumer testing,“ in *Context*, H. L. Meiselman, Hrsg., Woodhead Publishing, 2019, S. 475–500, ISBN: 978-0-12-814495-4. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814495-4.00023-4>. Adresse: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128144954000234>.
- [52] G. Hartung, A. Alaraj und A. Linniger, „Chapter 21 - Walk-In Brain: Virtual Reality Environment for Immersive Exploration and Simulation of Brain Metabolism and Function,“ in *Tools For Chemical Product Design*, Ser. Computer Aided Chemical Engineering, M. Martín, M. R. Eden und N. G. Chemmangattuvalappil, Hrsg., Bd. 39, Elsevier, 2016, S. 649–658. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63683-6.00021-6>. Adresse: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444636836000216>.
- [53] U. Aßmann, C. Baier, C. Dubslaff u. a., „Chapter 13 - Tactile computing: Essential building blocks for the Tactile Internet,“ in *Tactile Internet*, F. H. Fitzek, S.-C. Li, S. Speidel, T. Strufe, M. Simsek und M. Reisslein, Hrsg., Academic Press, 2021, S. 293–317, ISBN: 978-0-12-821343-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821343-8.00025-3>. Adresse: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128213438000253>.

-
- [54] J. M. Loomis, J. J. Blascovich und A. C. Beall, „Immersive virtual environment technology as a basic research tool in psychology,“ *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, Jg. 31, Nr. 4, S. 557–564, Dez. 1999, ISSN: 1532-5970. DOI: 10.3758/BF03200735. Adresse: <https://doi.org/10.3758/BF03200735>.
 - [55] C. Snowdon und C. Kray, „Exploring the use of landmarks for mobile navigation support in natural environments,“ in *Proceedings of the 11th international conference on human-computer interaction with mobile devices and services*, 2009, S. 1–10.
 - [56] I. Delikostidis, H. Fritze, T. Fechner und C. Kray, „Bridging the Gap Between Field- and Lab-Based User Studies for Location-Based Services,“ in Nov. 2015, S. 257–271, ISBN: 978-3-319-11879-6. DOI: 10.1007/978-3-319-11879-6_18.
 - [57] M. Ostkamp und C. Kray, „Supporting design, prototyping, and evaluation of public display systems,“ in *Proceedings of the 2014 ACM SIGCHI symposium on Engineering interactive computing systems*, 2014, S. 263–272.
 - [58] F. Mostajeran, J. Krzikowski, F. Steinicke und S. Kühn, „Effects of exposure to immersive videos and photo slideshows of forest and urban environments,“ *Scientific Reports*, Jg. 11, Nr. 1, S. 3994, Feb. 2021, ISSN: 2045-2322. DOI: 10.1038/s41598-021-83277-y. Adresse: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83277-y>.
 - [59] J. Lazar, J. H. Feng und H. Hochheiser, *Research methods in human-computer interaction*, Second Edition. Cambridge: Morgan Kaufmann, 2017.
 - [60] E. Toch, J. Cranshaw, P. H. Drielsma u. a., „Empirical models of privacy in location sharing,“ in *Proceedings of the 12th ACM international conference on Ubiquitous computing*, 2010, S. 129–138.
 - [61] J. Staiano, N. Oliver, B. Lepri, R. de Oliveira, M. Caraviello und N. Sebe, „Money walks: a human-centric study on the economics of personal mobile data,“ in *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, 2014, S. 583–594.
 - [62] J. P. Lawler, J. C. Molluzzo und P. Vandepitte, „An Expanded Study of Integrating Issues of Location-Based Privacy with Mobile Computing into General Curriculum of Universities,“ *Information Systems Education Journal (ISEDJ)*, Jg. 6, Nr. 47, S. 5, 2008.
 - [63] E. Charters, „The use of think-aloud methods in qualitative research an introduction to think-aloud methods,“ *Brock Education Journal*, Jg. 12, Nr. 2, 2003.
 - [64] M. Van Someren, Y. F. Barnard und J. Sandberg, „The think aloud method: a practical approach to modelling cognitive,“ London: AcademicPress, Jg. 11, S. 29–41, 1994.
 - [65] M. W. Jaspers, T. Steen, C. Van Den Bos und M. Geenen, „The think aloud method: a guide to user interface design,“ *International journal of medical informatics*, Jg. 73, Nr. 11-12, S. 781–795, 2004.
 - [66] T. K. Hoppmann, „Examining the ‘point of frustration’. The think-aloud method applied to online search tasks,“ *Quality & Quantity*, Jg. 43, S. 211–224, 2009.
 - [67] D. Bertram, „Likert scales,“ *Retrieved November*, Jg. 2, Nr. 10, S. 1–10, 2007.
 - [68] R. Likert, „A technique for the measurement of attitudes,“ *Archives of psychology*, 1932.

- [69] A. Joshi, S. Kale, S. Chandel und D. K. Pal, „Likert scale: Explored and explained,“ *British journal of applied science & technology*, Jg. 7, Nr. 4, S. 396, 2015.
- [70] J. D. Brown, „Likert items and scales of measurement,“ *Statistics*, Jg. 15, Nr. 1, S. 10–14, 2011.
- [71] I. E. Allen und C. A. Seaman, „Likert scales and data analyses,“ *Quality progress*, Jg. 40, Nr. 7, S. 64–65, 2007.
- [72] W. J. Dixon und A. M. Mood, „The statistical sign test,“ *Journal of the American Statistical Association*, Jg. 41, Nr. 236, S. 557–566, 1946.
- [73] J. D. Gibbons und S. Chakraborti, „Nonparametric statistical inference,“ in *International encyclopedia of statistical science*, Springer, 2011, S. 977–979.
- [74] F. Wilcoxon, *Individual comparisons by ranking methods*, First Edition. Heidelberg: Springer, 1992.
- [75] J. Schwarz und F. Kohler, *Empirical Methods: Ressourcen für empirische Methoden*, Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, Abgerufen am 13. Juni 2023, 2021. Adresse: <https://www.empirical-methods.hslu.ch/entscheidbaum/unterschiede/zentrale-tendenz/wilcoxon-vorzeichen-rang-test/>.
- [76] B. Gerald, „A brief review of independent, dependent and one sample t-test,“ *International journal of applied mathematics and theoretical physics*, Jg. 4, Nr. 2, S. 50–54, 2018.
- [77] A. Ross und V. L. Willson, „One-Sample T-Test,“ in *Basic and Advanced Statistical Tests: Writing Results Sections and Creating Tables and Figures*. Rotterdam: SensePublishers, 2017, S. 9–12, ISBN: 978-94-6351-086-8. DOI: 10.1007/978-94-6351-086-8_2. Adresse: https://doi.org/10.1007/978-94-6351-086-8_2.
- [78] J. Schwarz, W. Käch, H. Bruderer Enzler u. a., *Methodenberatung: t-Test für abhängige Stichproben*, Abgerufen am 13. Juni 2023, 2023. Adresse: https://www.methodenberatung.uzh.ch/de/datenanalyse_spss/unterschiede/zentral/ttestabt.html.
- [79] P. Mishra, C. M. Pandey, U. Singh, A. Gupta, C. Sahu und A. Keshri, „Descriptive statistics and normality tests for statistical data,“ en, *Ann Card Anaesth*, Jg. 22, Nr. 1, S. 67–72, Jan. 2019.
- [80] M. Mendes und A. Pala, „Type I Error Rate and Power of Three Normality Tests,“ *Information Technology Journal*, Jg. 2, Feb. 2003. DOI: 10.3923/itj.2003.135.139.
- [81] S. S. Shapiro und M. B. Wilk, „An analysis of variance test for normality (complete samples),“ *Biometrika*, Jg. 52, Nr. 3/4, S. 591–611, 1965.
- [82] S. I. Inc., SAS OnlineDoc®, Abgerufen am 13. Juni 1999. Adresse: <https://www.sfu.ca/sasdoc/sashelp/qc/chap8/sect9.htm>.
- [83] O. R. Holsti, „Content analysis for the social sciences and humanities,“ *Reading. MA: Addison-Wesley (content analysis)*, 1969.
- [84] R. W. Service, „Book Review: Corbin, J., & Strauss, A.(2008). Basics of Qualitative Research: Techniques and Procedures for Developing Grounded Theory . Thousand Oaks, CA: Sage,“ *Organizational Research Methods*, Jg. 12, Nr. 3, S. 614–617, 2009.
- [85] K. Krippendorff, *Content analysis: An introduction to its methodology*, Fourth Edition. Newbury Park: Sage publications, 2019.

- [86] C. Freitas, P. Luzzardi, R. Cava, M. Winckler, M. Pimenta und L. Nedel, „On Evaluating Information Visualization Techniques,“ *Proceedings of the Advanced Visual Interfaces*, Dez. 2002. DOI: 10.1145/1556262.1556326.
- [87] J. Dawes, „Do data characteristics change according to the number of scale points used? An experiment using 5-point, 7-point and 10-point scales,“ *International journal of market research*, Jg. 50, Nr. 1, S. 61–104, 2008.
- [88] H. Taherdoost, „What is the best response scale for survey and questionnaire design; review of different lengths of rating scale/attitude scale/Likert scale,“ *Hamed Taherdoost*, S. 1–10, 2019.
- [89] C. Liu, „Multiple social credit systems in China,“ *Economic Sociology: The European Electronic Newsletter*, Jg. 21, Nr. 1, S. 22–32, 2019.

B. Screenshots der Visualisierungen

1. Aufenthaltsorte



Abbildung (B.1): Frauenstrasse



Abbildung (B.2): Pendel-Szenario: Hauptbahnhof



Abbildung (B.3): Arbeits-Szenario: Geo 1 Gebäude

2. Bewegungslinien



Abbildung (B.4): Wohnort-Szenario: Frauenstrasse



Abbildung (B.5): Pendel-Szenario: Hauptbahnhof



Abbildung (B.6): Arbeits-Szenario: Geo 1 Gebäude

3. Vorhersagen



Abbildung (B.7): Wohnort-Szenario: Frauenstrasse



Abbildung (B.8): Pendel-Szenario: Hauptbahnhof

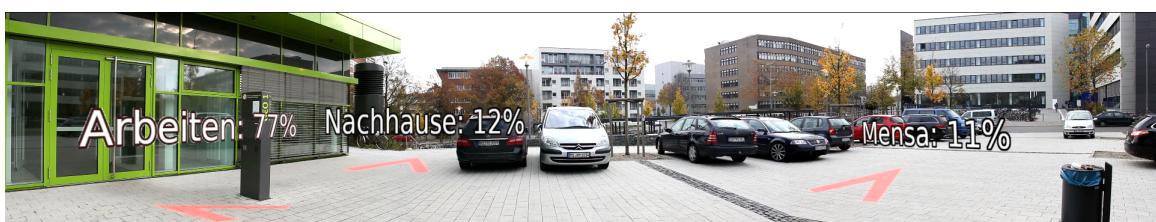


Abbildung (B.9): Arbeits-Szenario: Geo 1 Gebäude

C. Dokumente (Studie)

1 Einführung in das Thema

1.1 Einleitung

In der Studie soll es darum gehen Location Privacy zu verstehen. Da Location Privacy eng mit Location Based Services verbunden ist, finden Sie hier zunächst zwei kurze Texte welche die Begriffe erklären. Im Anschluss an die beiden Erklärungen befinden sich dann die Fragen. Sie müssen selbstverständlich nicht auf die Fragen antworten und können einzelne Fragen auslassen. Bitte füllen Sie den Fragebogen eindeutig aus.

1.2 Was sind Location Based Services?

Location Based Services (LBS) sind Dienste, die auf der Grundlage des Standortes eines mobilen Geräts wie Smartphones, Tablets oder GPS-Geräten bereitgestellt werden. Diese Dienste nutzen verschiedene Technologien wie GPS, WLAN, Bluetooth und Mobilfunknetze, um den Standort des Benutzers zu ermitteln und relevante Informationen bereitzustellen.

Beispiele für LBS umfassen standortbasierte Navigationssysteme, die dem Benutzer den kürzesten Weg zu einem Zielort anzeigen. Andere Anwendungen von LBS umfassen standortbasierte soziale Netzwerke, bei denen Benutzer in der Lage sind, mit Personen in ihrer Nähe zu interagieren oder standortbasierte mobile Spiele, bei denen der Standort des Benutzers zur Bestimmung von Spielinhalten und -aktionen verwendet wird.

1.3 Was ist Location Privacy?

Location Privacy bezieht sich auf das Recht einer Person, die Kontrolle darüber zu haben, wer ihre Standortdaten sammelt, verwendet und offenlegt. Mit der Verbreitung von Smartphones und anderen mobilen Geräten können Standortdaten durch verschiedene Apps und Dienste gesammelt werden, einschließlich GPS-Tracking, WLAN-Positionierung und IP-Adresse. Diese Informationen können verwendet werden, um ein umfassendes Profil einer Person zu erstellen, einschließlich ihrer Gewohnheiten, Interessen und Beziehungen.

Die Offenlegung von Standortdaten kann jedoch auch potenzielle Risiken mit sich bringen, einschließlich der Möglichkeit, dass persönliche Informationen von Dritten missbraucht werden oder dass die Daten in die falschen Hände geraten. Aus diesem Grund ist es wichtig, dass Personen die Kontrolle über ihre Standortdaten haben und in der Lage sind, zu entscheiden, wer Zugang zu ihnen hat und wie sie verwendet werden.

2 Fragebogen

2.1 Persönliche Daten

1. Ihr Alter: _____

2. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an. männlich weiblich divers keine Angabe

3. Was ist Ihr höchster Schul- oder Hochschulabschluss?

- Unterer Schulabschluss
- Abitur oder gleichwertiger Abschluss
- Studium ohne Abschluss
- Bachelor-Abschluss
- Master-Abschluss
- Doktor-Grad

4. Arbeiten Sie im Bereich Geoinformatik? ja nein

Abbildung (C.1): Vorher-Fragebogen: Seite 1/3

Fragebogen: Visualisierung von Location Privacy 2

5. Studieren Sie aktuell Geoinformatik oder einen vergleichbaren Studiengang (bitte angeben)
ja nein ähnlicher Studiengang _____

6. Nutzen Sie selbst Location Based Services? ja nein

2.2 Persönliche Wahrnehmung von Location Privacy

7. Durch Anwendungen gesammelte ortsbezogene Daten halte ich für schützenswert.
 Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu

8. Das meine raumbezogenen Daten nicht durch unbefugte Dritte gelesen werden können halte ich für wichtig.
 Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu

9. Datenschutzeinstellungen von Location Based Services werden von mir sorgfältig gelesen und vorgenommen.
 Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu

10. Ich stelle die Einstellungen für Datenübertragungen in LBS so restriktiv wie möglich.
 Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu

11. Ich informiere mich vor der Nutzung eines LBS über deren Datensicherheit.
 Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu

12. Unter dem Begriff Location Privacy kann ich mir etwas vorstellen.
 Stimme überhaupt nicht zu

Abbildung (C.2): Vorher-Fragebogen: Seite 2/3

- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

13. Bei dem Begriff Location Privacy fallen mir konkrete Auswirkungen ein, welche das verletzen der Location Privacy mitbringen könnte.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

14. Das unerlaubte Auslesen von raumbezogenen Daten aus LBS würde ich als Eingriff in meine Freiheitsrechte bewerten.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

15. Für die Auswirkungen des Analysierens von raumbezogenen Daten kann ich konkrete Beispiele finden.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

Abbildung (C.3): Vorher-Fragebogen: Seite 3/3

Fragebogen: Visualisierung von Location Privacy

1

1 Persönliche Wahrnehmung von Location Privacy

1. Durch Anwendungen gesammelte ortsbezogene Daten halte ich für schützenswert.

Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu

2. Das meine raumbezogenen Daten nicht durch unbefugte Dritte gelesen werden können halte ich für wichtig.

Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu

3. Datenschutzeinstellungen von Location Based Services werden von mir sorgfältig gelesen und vorgenommen.

Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu

4. Ich stelle die Einstellungen für Datenübertragungen in LBS so restriktiv wie möglich.

Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu

5. Ich informiere mich vor der Nutzung eines LBS über deren Datensicherheit.

Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu

Abbildung (C.4): Nachher-Fragebogen: Seite 1/4

- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

6. Unter dem Begriff Location Privacy kann ich mir etwas vorstellen.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

7. Bei dem Begriff Location Privacy fallen mir konkrete Auswirkungen ein, welche das verletzen der Location Privacy mitbringen könnte.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

8. Das unerlaubte Auslesen von raumbezogenen Daten aus LBS würde ich als Eingriff in meine Freiheitsrechte bewerten.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

9. Für die Auswirkungen des Analysierens von raumbezogenen Daten kann ich konkrete Beispiele finden.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

Abbildung (C.5): Nachher-Fragebogen: Seite 2/4

2 Wahrnehmung der gezeigten Visualisierungsarten

10. Die Visualisierungstechnik *Aufenthaltsorte* bildet ein Verständnis für die Auswertungsmöglichkeiten von räumlichen Daten.
- Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu
11. Die Visualisierungstechnik *Aufenthaltsorte* war intuitiv verständlich.
- Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu
12. Die in der Visualisierungstechnik *Aufenthaltsorte* dargestellten Auswirkungen des Sammelns raumbezogener Daten halte ich für hoch.
- Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu
13. Die Visualisierungstechnik *Bewegungslinien* bildet ein Verständnis für die Auswertungsmöglichkeiten von räumlichen Daten.
- Stimme überhaupt nicht zu
 Stimme nicht zu
 Stimme weder zu noch lehne ich ab
 Stimme zu
 Stimme voll und ganz zu
14. Die Visualisierungstechnik *Bewegungslinien* war intuitiv verständlich.
- Stimme überhaupt nicht zu

Abbildung (C.6): Nachher-Fragebogen: Seite 3/4

- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

15. Die in der Visualisierungstechnik *Bewegungslinien* dargestellten Auswirkungen des Sammelns raumbezogener Daten halte ich für hoch.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

16. Die Visualisierungstechnik *Vorhersagen* bildet ein Verständnis für die Auswertungsmöglichkeiten von räumlichen Daten.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

17. Die Visualisierungstechnik *Vorhersagen* war intuitiv verständlich.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

18. Die in der Visualisierungstechnik *Vorhersagen* dargestellten Auswirkungen des Sammelns raumbezogener Daten halte ich für hoch.

- Stimme überhaupt nicht zu
- Stimme nicht zu
- Stimme weder zu noch lehne ich ab
- Stimme zu
- Stimme voll und ganz zu

Abbildung (C.7): Nachher-Fragebogen: Seite 4/4

Einverständniserklärung

Studentitel: Studie zum persönlichen Umgang mit dem Sammeln von Daten durch webbasierte Applikationen

Revision: 3

Liebe/r Teilnehmer/in,
vielen Dank für Ihre Teilnahme an der Studie.

Forscher:

Forscher: Jakob Danel <jakob.danel@uni-muenster.de> (Student) Betreuer: Sven Heitmann <sven.heitmann@uni-muenster.de> (SIMPORT) Zweiter Betreuer: Prof. Dr. Christian Kray <c.kray@uni-muenster.de> (SITCOM)

Zweck der Studie:

Die Studie hat den Sinn zu messen, wie der Umgang mit persönlichen Daten ist, welche z.B. durch Handy-Apps teilweise automatisiert gesammelt werden, um zu verstehen ob es bestimmte Wege gibt, Personen auf das Thema aufmerksam zu machen.

Vorgehensweise:

In der Studie müssen Sie zunächst einen allgemeinen Fragebogen beantworten, welcher allgemeine Fragen zu Ihnen und dem Thema Sammeln von persönlichen Daten stellt. Im Anschluss wird Ihnen dann eine konkrete Möglichkeit vorgestellt, das Thema verständlich zu machen. Im Anschluss wird mit einem weiteren Fragebogen die gezeigte Variante evaluiert.

Dauer:

30 bis 40 Minuten

Potentielle Risiken:

-

Datenschutz:

Die Daten, die in dieser Studie erhoben werden, werden anonymisiert und nur verarbeitet, um wissenschaftliche Schlussfolgerungen über Gruppen, aber nicht über einzelne Individuen zu ziehen. Die anonymisierte Daten werden in wissenschaftlichen Zeitschriften, Präsentationen, öffentlich zugänglichen Verzeichnissen oder anderen Medien veröffentlicht, ohne dass eine Identifizierung der einzelnen Teilnehmer:innen möglich wäre. Eine Woche nach Abschluss der Studie ist es daher quasi nicht mehr möglich, deine Daten aus den aggregierten Datensätzen und Analysen zu entfernen. Um Zugriff auf deine Daten zu erhalten oder deren Entfernung zu verlangen, kannst du den/die Forscher:in kontaktieren.

Vergütung:

Für die Teilnahme an der Studie gibt es eine Aufwandsentschädigung von 10€ pro Person.

Abbildung (C.8): Einverständniserklärung: Seite 1/2

C. DOKUMENTE (STUDIE)

Sie können **zu jeder Zeit** ohne Angabe von Gründen die Studie abbrechen und Ihre Antworten zurückziehen. Dies hat keine weiteren Konsequenzen für Sie. **Falls Sie noch Fragen haben, stellen Sie diese bitte jetzt.**

Bei weiteren Fragen oder auch Beschwerden bitten wir Sie sich an die Ethik-Kommission des Instituts zu wenden: <ifgi.ethics-app@uni-muenster.de>.

- Ich bestätige, dass ich freiwillig an der Studie teilnehme.
- Ich bestätige, dass ich meine Fragen stellen durfte und Antworten bekommen habe.
- Ich bestätige, dass mir dieses Dokument vor der Studie ausgehändigt wurde.
- Ich bestätige und habe verstanden, dass ich die Studie zu jedem Zeitpunkt ohne Konsequenzen abbrechen kann.

Datum

Unterschrift des Forschers

Unterschrift des Teilnehmers

E-Mail-Adresse (optional)

(Falls Sie über weitere Studien am Institut informiert werden wollen, tragen Sie hier Ihre E-Mail-Adresse ein)

Abbildung (C.9): Einverständniserklärung: Seite 2/2

Debriefing Information

(to be prepared in written form or provided verbally to all participants after the study)

1. Disclose other experimental conditions (if there were any).
2. Disclose deception (if there was any).
3. Correct any misconception that the participant might have if you are aware of any.
4. List your hypotheses (if applicable).
5. **Remind about the right to retract data now** (if applicable, payment still is due).
6. Provide a website with the description of the research project and other relevant resources (if applicable).
7. Provide your business card / contact information.
8. **DO NOT** talk of some patterns of the studied behavior being more plausible (or expected) than others.

(no signatures required)

Abbildung (C.10): Informationen zum Debriefing (einseitig)

Ablaufplan

Vorbereitung

- Anstellen des IVEs
- Ein und ausblenden aller Overlays, sodass alle Videos leer sind
- Randomisierung der Overlayarten
- Dokumentation der Randomisierung in diesem Dokument
- Freiräzumen des Tisches
- Bereitlegen der Fragebögen
- Hinstellen des Stuhls für Aufnahme
- Anbringen des Schildes an der Tür außen

Begrüßung (2 Minuten)

- Herzlich Willkommen
- Die Person wird einmal kurz vor das IVE gestellt und erklärt was das IVE ist.
 - 180° Videowand
 - Letztendlich ein großer Videoplayer, in den ich Overlays legen kann
- Vorstellung des Kontextes (Bachelorarbeit, Studium)
- Studie zum Thema: Visualisierung von Location Privacy
- Dauer ca. 30 Minuten
- Vorher und Nachher Fragen beantworten und währenddessen Ihre Gedanken dazu teilen.

Einverständniserklärung (3 min)

- Die Teilnahme geschieht komplett freiwillig.
- Man hat jederzeit das Recht die Teilnahme zu beenden.
- Zur Auswertung werden Daten gesammelt.
 - Antworten des Fragebogens werden anonymisiert ausgewertet und dafür gespeichert
- (Hinweis auf eher kleine Teilnehmerzahl)
 - Fragebogen macht Abfrage von persönlichen Daten
 - Audio des Think-ALOUD Teils wird aufgezeichnet
 - Konkreter Hinweis von mir wenn die Aufzeichnung beginnt oder endet
 - Audio Dateien werden von mir händisch transkribiert und bis zum Ende der Bearbeitungszeit gesichert.
 - Alle Daten werden nach Beendigung des Arbeitsprozesses (d.h. Ausarbeitung + Bewertung der Arbeit wieder gelöscht.)
 - Gibt es noch Unklarheiten?
- Lesen der Einverständnis Erklärung
- Unterschrift der Einverständniserklärung

Pre-Fragebogen (5min)

Anweisung:

- Bitte den einführenden Text durchlesen.
- Sollten Nachfragen entstehen diese bitte stellen
- Anschließend den Fragebogen nach Bestem Wissen ausfüllen; Bescheid geben sobald man fertig ist

1

Abbildung (C.11): Ablaufplan: Seite 1/3

[Pre-Fragebogen]

Durchführung des Experimentes (15 min)

1. Erklärung: Es werden drei Orte gezeigt, welche eine typische Alltagssituation darstellen soll.
(Wohnsituation, Wegsituation, Arbeits/Studiensituation)
2. Erklärung: Dem Teilnehmer werden jetzt alle drei Videos gezeigt, man soll selbst entscheiden wann das nächste Video kommt: Auffordern zum "weiter" sagen
3. Erklärung (beim zeigen des konkreten Videos): „Stell dir vor du befindest dich an diesem Ort und dies ist dein Wohnort/Arbeitsort/ein Ort an dem du oft beim Pendeln vorbeikommst“
4. Zeigen der Videos, Kurzes betiteln der Situation
5. Erklärung: Es gibt drei verschiedene Ansätze Location Privacy zu visualisieren, diese stelle ich jedesmal vor.
6. Jede Visualisierungsart wurde für jedes Video umgesetzt.
7. Hinweis: Audio wird eingeschaltet
8. Erklärung des Grundprinzips: Man bekommt die Visualisierung zu sehen, dann soll das gesagt werden:
 - Was man sieht
 - Was die Aussage hinter der gezeigten Visualisierungen sein könnte.
 - Welche Komponenten der Visualisierung nicht verständlich sind.
 -
9. Für jede Visualisierungsart:
 1. Beschreiben mit einem Satz:
 - Aufenthaltsorte: "Darstellung von in der Vergangenheit besuchten Orten"
 - Bewegungslinien: "Visualisierung von Bewegungslinien"
 - Vorhersagen: "Informationen zu möglichen Entscheidungen mit prozentualer Eintrittswahrscheinlichkeit"
 2. Einblenden der ersten Visualisierung
 3. Nächste Visualisierung bei weiter
10. Sobald alle Visualisierungen gezeigt wurden: Hinweis Audio wird abgeschaltet. Das zeigen der Visualisierungen ist vorbei.

Post-Fragebogen (3 min)

Anweisung:

- Bitte den einführenden Text durchlesen.
- Sollten Nachfragen entstehen diese bitte stellen
- Anschließend den Fragebogen nach Bestem Wissen ausfüllen; Bescheid geben sobald man fertig ist
- Hinweis: Fragen sind teilweise gleich; bitte nicht wundern
- Hinweis: Reihenfolge der Visualisierungen ist teilweise vertauscht

[Fragebogen]

Verabschiedung (1 min)

1. Korrigieren Sie etwaige Missverständnisse des Teilnehmers, falls Ihnen welche bekannt sind.
2. Nennen Sie Ihre Hypothesen (falls zutreffend).
3. Erinnern Sie an das Recht, die Daten jetzt zurückzuziehen (falls zutreffend, ist die Zahlung noch fällig).
4. Geben Sie eine Website mit der Beschreibung des Forschungsprojekts und anderen relevanten Ressourcen (falls zutreffend).
5. Geben Sie Ihre Kontaktinformationen an.
6. Sprechen Sie NICHT davon, dass einige Muster des untersuchten Verhaltens plausibler (oder erwarteter) sind als andere.

Hypothesen:

1. Die Wichtigkeit des Schutzes von persönlichen räumlichen Daten wird Vor- und Nach dem betrachten der Visualisierungen als gleich bewertet. <=> Die Gewichtung unterscheidet sich vor und nach der Betrachtung der Visualisierungen.
2. Location Data werden als schützenswert beschrieben <=> Location Data sind nicht schützenswert.
3. Privatsphäreinstellungen in LBS werden Vor- und Nach dem betrachten der Visualisierungen mit gleicher Priorität bewertet. <=> Die Aufmerksamkeit/der Aufwand gegenüber Privatsphäre einstellungen in LBS ist Vor und Nach dem betrachten der Visualisierungen unterschiedlich
4. Alle drei Visualisierungsarten (Vergangene Aufenthaltsorte, Bewegungslinien und Vorhersagen) unterscheiden sich nicht in Ihrer Verständlichkeit <=> Die Visualisierungsarten unterscheiden sich in Ihrer Verständlichkeit
5. Die Auswirkungen der drei visualisierten Szenarien werden als von gleichem Ausmaß bewertet <=> Der Ausmaß der Dargestellten Auswirkungen wird als unterschiedlich bewertet.
6. Das Betrachten der Visualisierungen verändert das Verständnis des Themas Location Privacy nicht. <=> Das betrachten der Visualisierungen verändert das Verständnis des Themas Location Privacy
7. Durch das Betrachten der Visualisierungen werden keine praktischen Beispiele für das Thema Location Privacy deutlich <=> Die Visualisierungen verdeutlichen Beispiele für Location Privacy

Nachbereitung

- Rechner herunterfahren
- Beamer ausschalten
- Schild außen abmachen
- Dokumente digitalisieren

Durchführungsdocumentation Studie:	
Laufende Nummer:	_____
Datum:	_____
Startzeit:	_____
Endzeit:	_____
Randomisierungsreihenfolge	
1.	_____
2.	_____
3.	_____
Notizen	
Abschnitt	Notiz
Einführung	
Pre-Fragebogen	
Experiment	
Post-Fragebogen	
Verabschiedung/Debriefing	
Allgemein/Verschiedenes	

Abbildung (C.14): Dokumentierung des Studienablaufs (einseitig)

D. Ergebnisse: Prüfen der Normalisierung

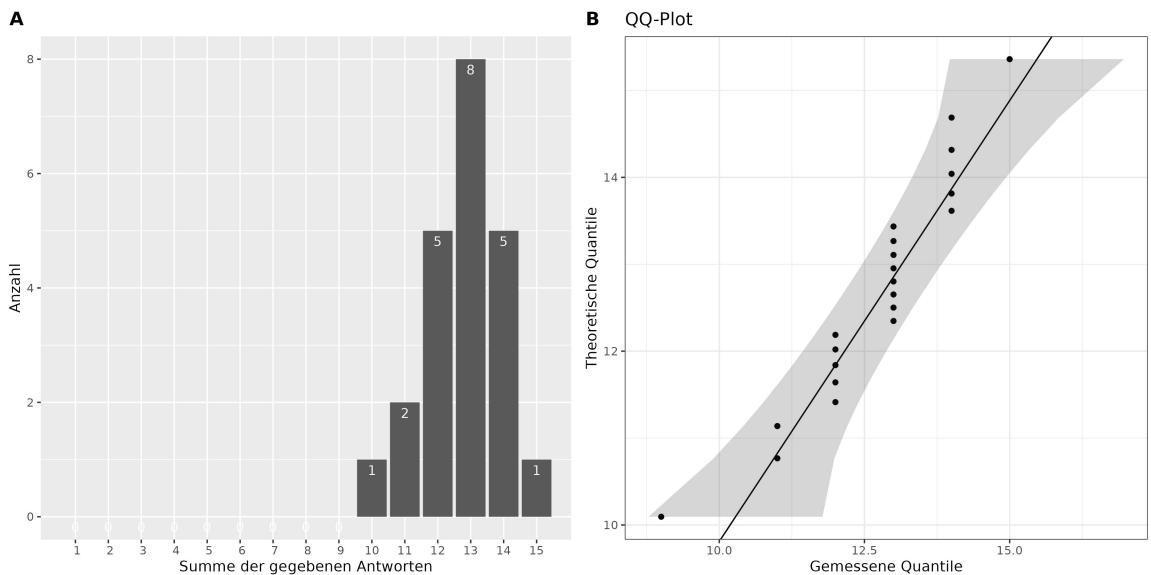


Abbildung (D.1): (A) Verteilung der summierten Antworten zum Verständnis der Visualisierungsarten. Aufsummierung der Codierung der Antworten zu den Aussagen 2.10, 2.13 und 2.16. (B) *qq*-Plot, welches die gemessenen Quantile der Verteilung mit den theoretischen Quantilen einer Normalverteilung vergleicht, generiert aus der Verteilung der summierten Antworten. *Jakob Danel (2023)*

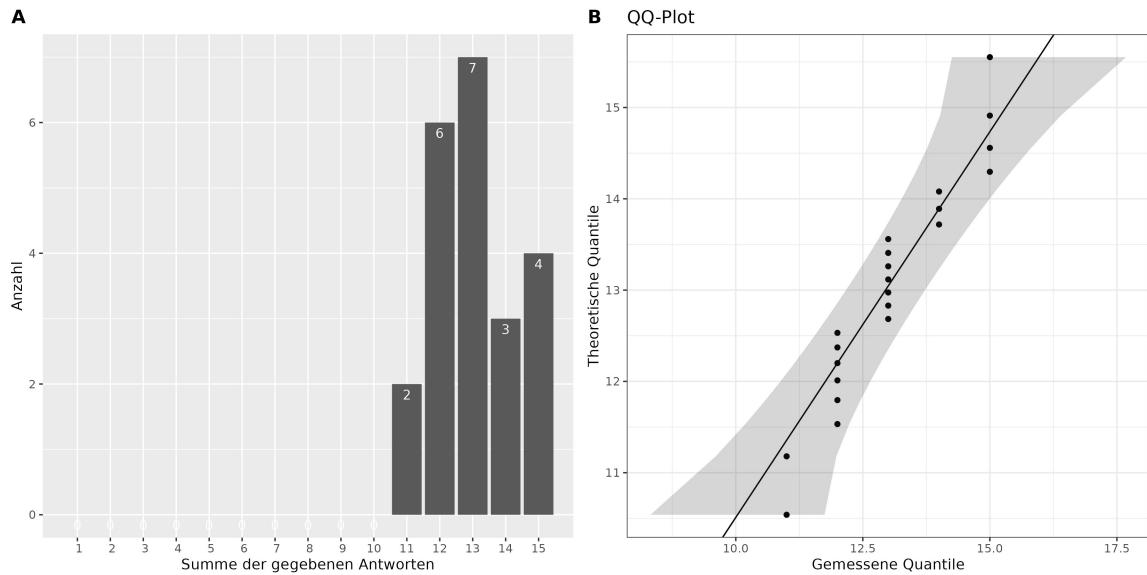


Abbildung (D.2): (A) Verteilung der summierten Antworten zur Intuitivität der Visualisierungsarten. Aufsummierung der Codierung der Antworten zu den Aussagen 2.11, 2.14 und 2.17. (B) qq-Plot, welches die gemessenen Quantile der Verteilung mit den theoretischen Quantilen einer Normalverteilung vergleicht, generiert aus der Verteilung der summierten Antworten. *Jakob Danel (2023)*

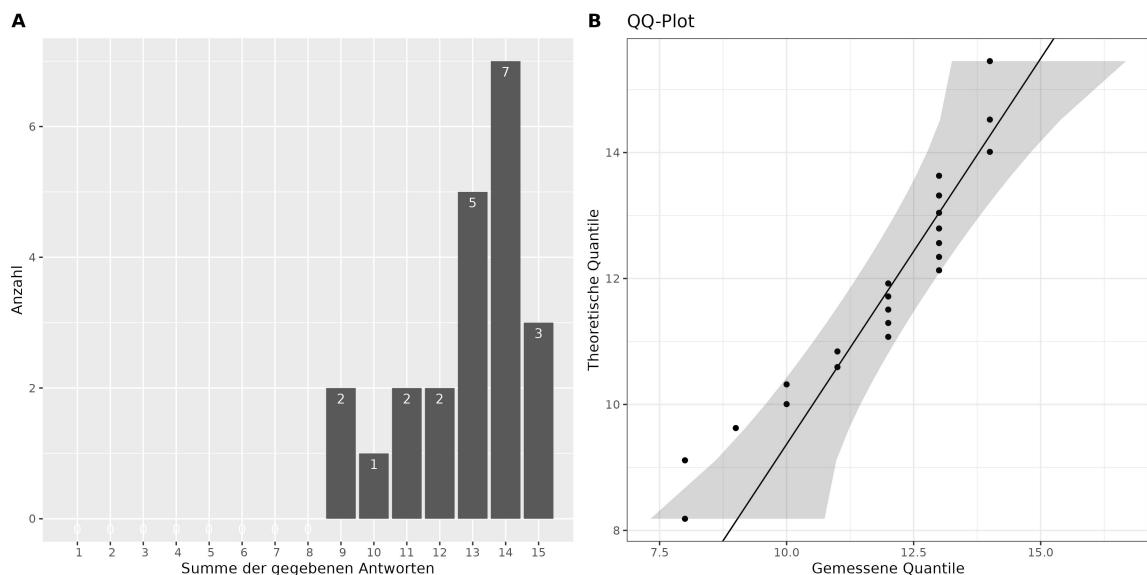


Abbildung (D.3): (A) Verteilung der summierten Antworten zur Wirkung der Visualisierungsarten. Aufsummierung der Codierung der Antworten zu den Aussagen 2.12, 2.15 und 2.18. (B) qq-Plot, welches die gemessenen Quantile der Verteilung mit den theoretischen Quantilen einer Normalverteilung vergleicht, generiert aus der Verteilung der summierten Antworten. *Jakob Danel (2023)*

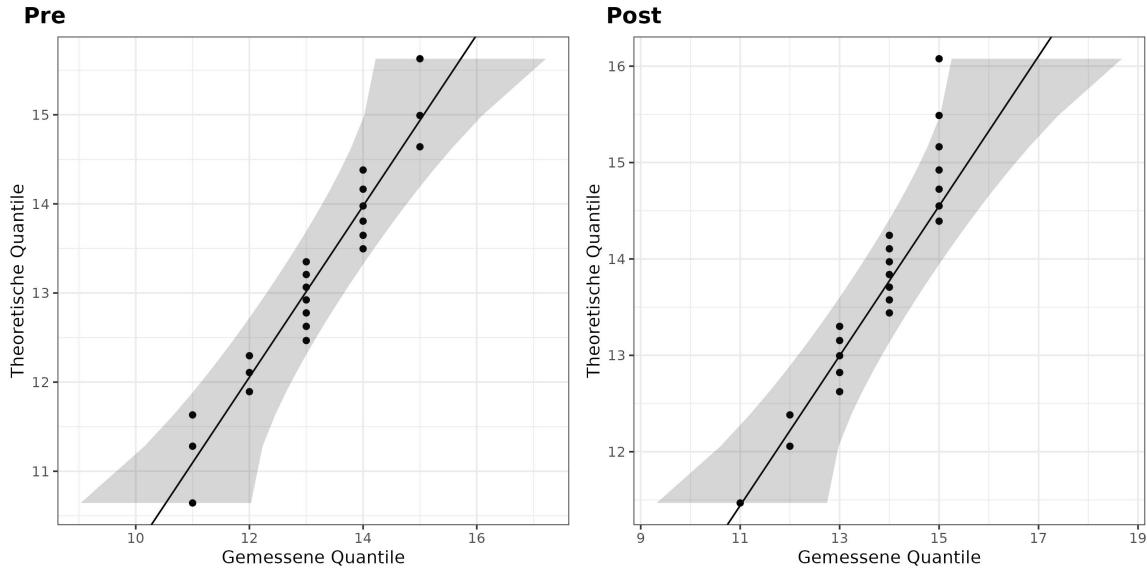


Abbildung (D.4): Vergleich der gemessenen Quantilen (x -Achse) und der theoretischen Quantile (y -Achse) der Verteilung der summierten Antworten zur Wertung der Wichtigkeit von räumlichen Daten (Fragen 1, 2 und 8). Linke Abbildung enthält die Verteilung der Antworten vor dem Betrachten als Grundlage, die rechte Abbildung die Antworten nach dem Betrachten. *Jakob Danel 2023*

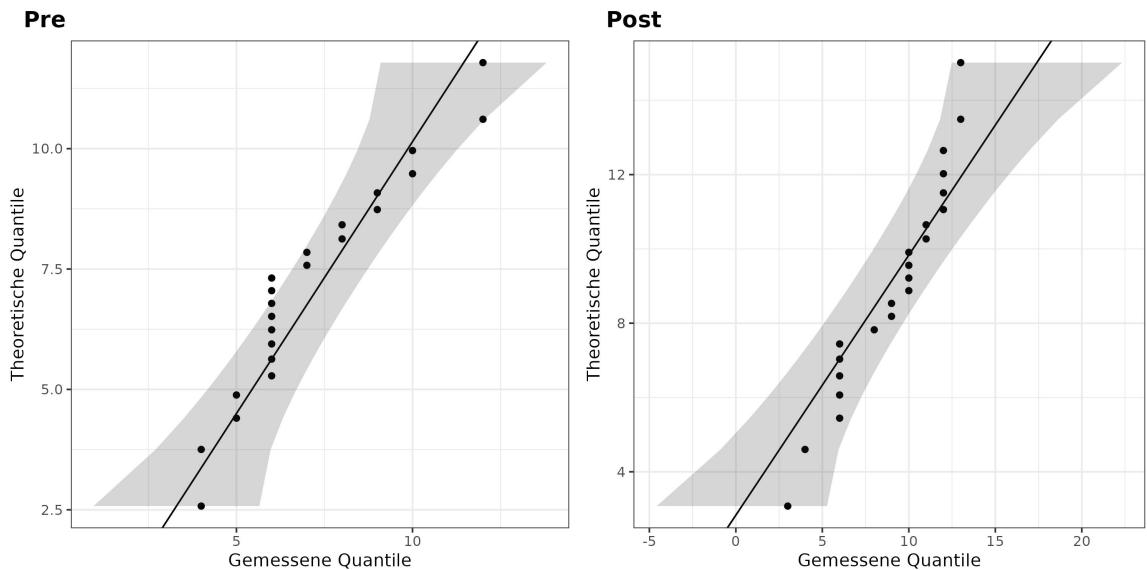


Abbildung (D.5): Vergleich der gemessenen Quantilen (x -Achse) und der theoretischen Quantile (y -Achse) der Verteilung der summierten Antworten zum Umgang mit LBS (Fragen 3, 4 und 5). Linke Abbildung enthält die Verteilung der Antworten vor dem Betrachten als Grundlage, die rechte Abbildung die Antworten nach dem Betrachten. *Jakob Danel 2023*

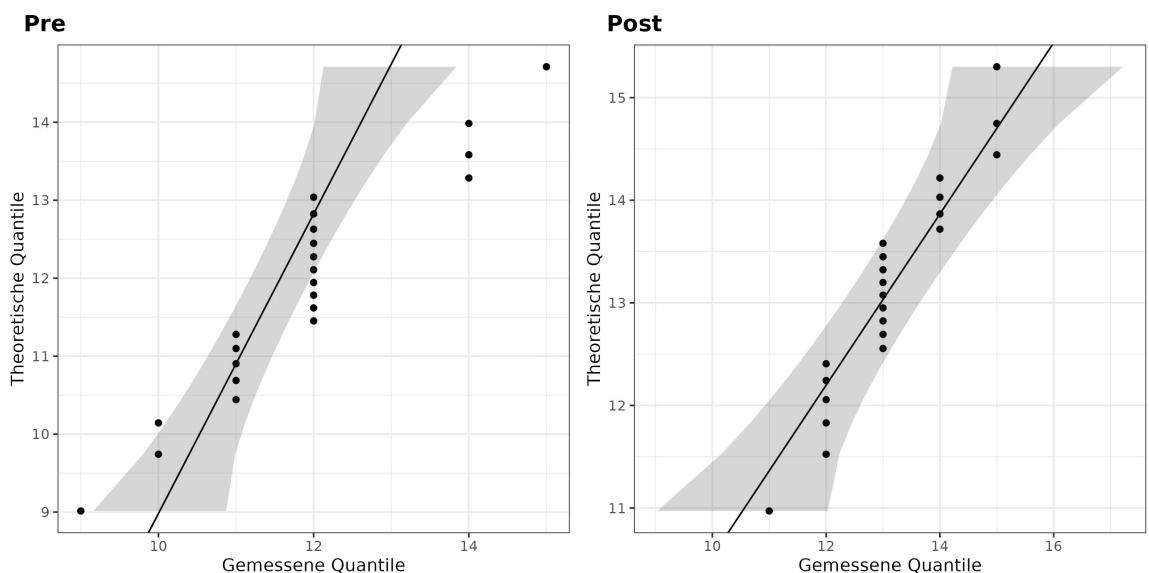


Abbildung (D.6): Vergleich der gemessenen Quantilen (x-Achse) und der theoretischen Quantile (y-Achse) der Verteilung der summierten Antworten zum Verständnis des Themas Location Privacy (Fragen 6, 7 und 9). Linke Abbildung enthält die Verteilung der Antworten vor dem Betrachten als Grundlage, die rechte Abbildung die Antworten nach dem Betrachten. *Jakob Danel 2023*

E. Plagiatserklärung des Studierenden

Hiermit versichere ich, dass die vorliegende Arbeit über *Darstellung von Location Privacy durch Visualisierungen in einer Immersiven Videoumgebung: Wirkung und Einfluss auf NutzerInnen von Location Based Services* selbstständig verfasst worden ist, dass keine anderen Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen benutzt worden sind und dass die Stellen der Arbeit, die anderen Werken – auch elektronischen Medien – dem Wortlaut oder Sinn nach entnommen wurden, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht worden sind.

Jakob Marten Danel, am 13. Juni 2023

Ich erkläre mich mit einem Abgleich der Arbeit mit anderen Texten zwecks Auffindung von Übereinstimmungen sowie mit einer zu diesem Zweck vorzunehmenden Speicherung der Arbeit in eine Datenbank einverstanden.

Jakob Marten Danel, am 13. Juni 2023