
EMPIRISCHE EVALUATION

DER REISEZEITVERÄNDERUNG IN DER SCHWEIZ

VON 1950 – 2005

Geographisches Institut
Masterarbeit Nicola Kugelmeier

**Empirische Evaluation
der Reisezeitveränderung in der Schweiz
von 1950 – 2005**

Masterarbeit

1. November 2011 bis 31. August 2012

Autorin

Nicola Kugelmeier
Röschibachstrasse 24
8037 Zürich
nkugelmeier@gmail.com

Betreuung

Prof. Dr. Sara I. Fabrikant und
Dr. Christian Kaiser
Geographische Informationsvisualisierung
und Analyse
Universität Zürich
Winterthurerstrasse 190
8057 Zürich

Prof. Dr. Kay W. Axhausen und
Veronika Killer
Institut für Verkehrsplanung
und Transportsysteme
ETH Zürich
Wolfgang-Pauli-Str. 15
8093 Zürich
axhausen@ivt.baug.ethz.ch
veronika.killer@ivt.baug.ethz.ch

**EMPIRISCHE EVALUATION DER REISEZEITVERÄNDERUNG
IN DER SCHWEIZ VON 1950 – 2005**



ZUSAMMENFASSUNG

Die interdisziplinäre Untersuchung von raum-zeitlichen Veränderungen ist der Kern der geographischen Forschung. Diese Arbeit greift eine raum-zeitliche Problemstellung aus der Verkehrsplanung auf: die Reisezeiten. Diese haben sich sowohl im öffentlichen als auch im privaten Verkehr in der Schweiz in den letzten Jahren stark verändert.

Diese interdisziplinäre Arbeit an der Schnittstelle zwischen der Verkehrsplanung und Geovisualisierung evaluiert anhand einer empirischen Studie verschiedene Visualisierungsalternativen, da die adäquate Darstellung von raum-zeitlichen Daten ein Forschungsfeld mit vielen Herausforderungen darstellt. Die Geovisualisierung bietet dabei diverse Methoden, mittels welchen Reisezeiten abgebildet werden können. Im Spezifischen werden statische und animierte Karten einander gegenübergestellt.

Die Auswertung verschiedener Algorithmen zur Darstellung der Reisezeit in der Schweiz von 1950 – 2005, und somit zur Generierung des Stimuli Designs, bildet den ersten Teil der Arbeit. Es handelt sich dabei um eine flächenbasierte Anamorphose, eine Multidimensionale Skalierung und den Algorithmus nach Kamada und Kawai. Die Ausgangslage dazu bilden Datensätze des Instituts für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) und die von Carosio et al. (2005) erstellten Zeitkarten der Schweiz. Das gewählte Stimuli Design basiert auf einer Anamorphose der Reisezeiten für die Jahre 1950 – 2000 des motorisierten Individualverkehrs (MIV). Das Stimuli Design wird für statische und animierte Karten umgesetzt.

In einem zweiten Teil wird eine empirische Evaluation der neu erstellten Zeitkarten durchgeführt. Die Evaluation wird als *mixed factorial* Design aufgebaut, wobei das *between-subject* Design die statischen und animierten Karten umfasst und das *within-subject* Design die Evaluationsfragen.

Die Resultate der Evaluation zeigen auf, dass sich die statischen von den animierten Karten bezüglich benötigter Antwortzeit und Antwortgenauigkeit nicht signifikant unterscheiden. Hinsichtlich der Fragetypen Raum, Zeit und Attribut hingegen ist eine Signifikanz feststellbar. Die Resultate erlauben die Annahme, dass es eine Rolle spielt, welcher Fragetyp bei der Kartenbetrachtung zur Beantwortung der Fragen zu Grunde liegt. Für eine zukünftige Forschung ist also relevant, dass bei einer empirischen Evaluation die Fragetypen beachtet und entsprechend formuliert werden.

Es zeigt sich, dass eine animierte Darstellung von Reisezeiten durchaus eine mögliche Visualisierungsmethode in der Verkehrsplanung darstellt. Die Veränderung kann effektiv eruiert werden und die Probanden finden die Anamorphose wie auch die Thematik interessant. Für zukünftige Publikationen für Experten und Nichtexperten kann die Animation der Reisezeiten durchaus in Betracht gezogen werden.

Diese Arbeit erweitert die aktuellen Methoden in der Verkehrsplanung um einen empirisch evaluierten, visuell-analytischen Ansatz. Die Evaluation von statischen und animierten Visualisierungen ist zudem ein wichtiger Beitrag für einen bisher noch zu wenig erforschten Bereich der Geovisualisierung.

VORWORT

Die vorliegende Masterarbeit ist zwischen November 2011 und August 2012 am Geographischen Institut der Universität Zürich in der Abteilung Geographische Informationsvisualisierung und Analyse unter der Leitung von Prof. Dr. Sara I. Fabrikant entstanden.

An dieser Stelle möchte ich mich im Folgenden bei allen Personen bedanken, die mich mit ihrem Engagement und ihrem Fachwissen bei der Erstellung meiner Arbeit unterstützt haben.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Prof. Dr. Sara I. Fabrikant, Prof. Dr. Kay W. Axhausen, Dr. Christian Kaiser und Veronika Killer für ihre kompetente und tatkräftige Unterstützung sowie für die vielen fachlichen Anregungen.

Meinen Dank aussprechen möchte ich auch allen Probanden, die an der empirischen Evaluation von statischen und animierten Anamorphosen zur Reisezeitentwicklung in der Schweiz teilgenommen haben. Sie haben dazu beigetragen, dass ich die Resultate statistisch evaluieren und somit diese Arbeit verfassen konnte.

Ein spezieller Dank geht an Marco Salvini, der immer mit einem offenen Ohr zur Stelle war und mich mit seiner inspirierenden Art während meines ganzen Studiums und insbesondere während dieser Arbeit begleitet hat.

An dieser Stelle spreche ich einen grossen Dank an Sibyl Brunner und Andreas Meili für das Gegenlesen der Arbeit aus. Und ein herzlicher Dank gilt Daniela Rota, welche das Layout entworfen und umgesetzt hat.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, Geschwistern, Freunden und Stefan Wagner, welche mich während des Studiums bedingungslos unterstützt und mich immer wieder motiviert haben.

Danke!

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	VIII
Tabellenverzeichnis	IX
1 EINLEITUNG	1
1.1 Motivation	3
1.2 Ziel der Arbeit	4
1.3 Aufbau	5
2 FORSCHUNGSSTAND UND KONTEXT	7
2.1 Reisezeitentwicklung in der Schweiz	7
2.2 Statische versus animierte Karten	11
2.2.1 Ziele und Elemente der Geovisualisierung	12
2.2.2 Statische Karten	13
2.2.3 Animierte Karten	14
2.2.4 Untersuchung zu statischen und animierten Karten	17
2.2.5 Repräsentationsalternativen	18
2.3 Empirische Studien	22
2.4 Zusammenfassung	24
3 METHODIK DATENANALYSE	25
3.1 Repräsentationsalternativen der Reisezeit	26
3.1.1 Variante 1: Multidimensionale Skalierung	28
3.1.2 Variante 2: Kamada und Kawai	29
3.1.3 Variante 3: Flächenbasierte Anamorphose	30
3.1.4 Algorithmenwahl	33
3.2 Umsetzung	33
3.2.1 Stimuli Design statische Karten	36
3.2.2 Stimuli Design animierte Karten	39
3.3 Vergleich Reisezeit und Erreichbarkeit	41
3.4 Zusammenfassung Datenanalyse	43

4 EVALUATIONSMETHODIK	45
4.1 Probanden	45
4.2 Experiment Design	50
4.2.1 Variablen	50
4.2.2 Between-subject Design	51
4.2.3 Evaluationsfragen	52
4.2.4 Material	55
4.3 Durchführung	55
4.3.1 Pretest	56
4.3.2 Experiment	56
4.3.3 Codierung	57
4.4 Analysemethode	58
5 RESULTATE	61
5.1 Deskriptive Statistik	61
5.2 Quantitative Statistik	65
5.2.1 Antwortzeit	66
5.2.2 Antwortgenauigkeit	69
5.2.3 Antwortsicherheit	73
5.3 Kernaussagen	74
5.3.1 Effizienz	74
5.3.2 Effektivität	75
5.3.3 Konfidenz	76
6 DISKUSSION	77
6.1 Empirische Evaluation	77
6.1.1 Effektivität	78
6.1.2 Effizienz	79
6.1.3 Kritische Reflexion der Empirischen Evaluation	81
6.2 Stimuli Design	82
6.2.1 Kritische Reflexion der Datenanalyse und des Stimuli Designs	84
6.2.2 Diskussion Reisezeit und Erreichbarkeit	85
6.3 Fazit	86
7 SCHLUSSFOLGERUNG	89
7.1 Ausblick	90
7.1.1 Empfehlung Datenanalyse Reisezeit	90
7.1.2 Optimierung Stimuli Design	90
7.1.3 Anmerkungen Empirische Evaluation	90
8 BIBLIOGRAPHIE	92

9 ANHANG	97
A1: Karten	97
A2: Einwilligungsformular Experiment.	101
A3: Experiment	103
A4: Animationsdurchläufe	124
A5: Statistik SPSS	125
A6: Zeitkarten der Schweiz 1950 - 2000	131

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Reisezeitskalierte Karten (MIV) 1950, 1970, 2000	7	Abbildung 21	MIV 2000: Beispiel Erreichbarkeit	39
Abbildung 2	Minard's Karte von 1861	8	Abbildung 22	Tätigkeit und Beruf	42
Abbildung 3	<i>Space-Time-Cube</i> mit Russland-Feldzug von Napoleon	9	Abbildung 23	Studienjahr und Ausbildungsabschluss	42
Abbildung 4	Isochronenkarte für Zürich 1850 und 1910	10	Abbildung 24	Kartennutzung im Alltag	43
Abbildung 5	Die visuellen Variablen	12	Abbildung 25	Verkehrsmittelwahl im Alltag und in der Freizeit	44
Abbildung 6	Die dynamischen Variablen	14	Abbildung 26	Abonnement für den ÖV und PW-Verfügbarkeit	45
Abbildung 7	Anamorphose Schweizer Bevölkerung 1850	17	Abbildung 27	Stimulus Beispiel für den statischen Kartentyp	51
Abbildung 8	Anamorphose Pendlerströme der Schweiz	18	Abbildung 28	Auswertung des <i>mixed factorial</i> Design	54
Abbildung 9	Unverzerrtes und verzerrtes Strassennetzwerk anhand MDS	19	Abbildung 29	Summe Antwortzeit statisch und animiert je Proband	56
Abbildung 10	Gewichteter Graph nach Kamada und Kawai	20	Abbildung 30	Summe Antwortgenauigkeit statisch und animiert je Proband	57
Abbildung 11	Arbeitsablauf Datenanalyse	23	Abbildung 31	Beispiel Animationsdurchläufe Evaluationsfrage 1	60
Abbildung 12	MDS mit 22 Orten und ihren Verbindungen	26	Abbildung 32	Histogramm und Boxplot zur Summe der Antwortzeiten	61
Abbildung 13	Kamada und Kawai mit 22 Orten und ihren Verbindungen	27	Abbildung 33	Mittelwert Antwortzeiten je Kartentyp	61
Abbildung 14	MIV 2000: 15 kürzeste Verbindungen je Gemeinde	28	Abbildung 34	Mittelwert und Standardfehler der Antwortzeit je Fragetyp	62
Abbildung 15	MIV 2000: 15 kürzeste Verbindungen je Gemeinde inklusive Verbindungen 22 Orte	29	Abbildung 35	Antwortzeit je Evaluationsfrage	63
Abbildung 16	MIV 2000: 184 Verbindungen Bezirkshauptorte	29	Abbildung 36	Histogramm und Boxplot zur Summe der Antwortgenauigkeiten	64
Abbildung 17	MIV 2000: 15 schnellste Verbindungen je Gemeinde	30	Abbildung 37	Mittelwert Antwortgenauigkeit je Kartentyp	65
Abbildung 18	MIV 2000: Auszug aus der Schweiz mit Gemeinden und Rasterzellen	32	Abbildung 38	Mittelwert und Standardfehler der Antwortgenauigkeit je Evaluationsfrage	65
Abbildung 19	MIV 2000: Vergleich Anamorphose ohne und mit exponentiellen Werten	33	Abbildung 39	Prozentuale Antwortgenauigkeit je Evaluationsfrage	67
Abbildung 20	Beispiel Stimuli Design	36	Abbildung 40	Antwortssicherheit je Evaluationsfrage	68

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Vor- und Nachteile between- und within-subject Design	21	Tabelle 8	Variablen Codierung	53
Tabelle 2	MIV 2000: Auszug Gemeinden und Reisezeit	24	Tabelle 9	Zusatzfrage Antwortsicherheit	57
Tabelle 3	MIV 2000: Auszug aus MySQL für Umsetzung	31	Tabelle 10	Zusatzfrage visuelle Variablen	57
Tabelle 4	Skalierungswerte der Karten	34	Tabelle 11	Mausbewegungen bei Evaluationsfragen	59
Tabelle 5	Skalierungswerte der Erreichbarkeiten	39	Tabelle 12	Paarweiser Vergleich Antwortzeit je Fragetyp	62
Tabelle 6	Häufigkeit Verkehrsmittelbenutzung	44	Tabelle 13	Paarweiser Vergleich prozentuale Antwortgenauigkeit je Fragetyp	66
Tabelle 7	Herleitung Evaluationsfragen	48	Tabelle 14	Antwortsicherheit und Antwortgenauigkeit	67

1 EINLEITUNG

In den letzten Jahrzehnten hat sich die Mobilität der Schweizer Bevölkerung verändert. Die Reisezeiten im öffentlichen Verkehr (ÖV) und motorisierten Individualverkehr (MIV) werden durch das Mobilitätsverhalten beeinflusst, das seinerseits durch das Arbeits- und Freizeitverhalten tangiert wird (BFS, 2010). Die Mobilität wirkt sich auf die Umwelt, die Gesellschaft und die Wirtschaft aus. In den vergangenen Dekaden haben sich einerseits die Reisezeiten in der Schweiz verringert, andererseits hat die Verkehrsmenge im ÖV wie auch im MIV zugenommen. Die zunehmende Mobilität ist dabei Folge vom wachsenden sozialen Netz, vom Bevölkerungswachstum und von den generalisierten Kosten (Axhausen, 2008). Das soziale Netz wird durch das Arbeits- und Freizeitverhalten beeinflusst, welches wiederum durch soziodemografische Merkmale, wie beispielsweise Alter und Geschlecht, geprägt wird (BFS, 2010). Die generalisierten Kosten entsprechen der Summe der aufgewendeten Zeit und den monetären Kosten einer Fahrt (Sommer et al., 2005). Mit steigendem Wohlstand werden in der Tendenz mehr Wege zurückgelegt und das Bedürfnis, diese Wege in kurzer Zeit zu bewältigen, wächst (Axhausen, 2008). Eine wachsende Anzahl Wege bedeutet zugleich auch eine zunehmende Belastung der Infrastruktur und der Umwelt. Die Belastung unterscheidet sich dabei nach Wochentag und Wochenende sowie für den urbanen und ländlichen Raum (BFS, 2007). Neben der Umweltbelastung sind Unfälle weitere negative Auswirkungen der wachsenden Mobilität (BFS, 2010).

Die Reisezeit ist daher ein prägendes Element der Umwelt und der Gesellschaft. Die Umwelt, welche immer mehr unter dem Siedlungsdruck und den Emissionen und Immissionen leidet, stellt dabei eine schützenswerte Komponente dar. Der Umwelt sollte also bei der Planung von neuen Infrastrukturprojekten eine besondere Bedeutung zukommen. Die Reisezeit spielt beispielsweise bei der Berechnung des Nettonutzen der Kosten-Nutzen-Analyse und somit bei der Beurteilung von Infrastrukturprojekten eine grosse Rolle (VSS-Fachkommission, 2006). Weiter ist die Reisezeit ein interessanter Faktor, wenn es um die Analyse von neuen Projekten geht.

Oft sind zudem die räumlichen Auswirkungen von Verkehrsinfrastrukturen schwer abschätzbar, weshalb ihnen zunehmend Bedeutung beigemessen wird (ARE, 2007). Gemäss ARE (2007) sind unter anderem die Wechselwirkungen von neuen und bestehenden Verkehrsinfrastrukturen mit den Akteuren relevant. Die Akteure sind von Interesse, da diese durch die verändernden Arbeitsbedingungen und Freizeitbedürfnisse einen Einfluss auf die Reisezeiten haben. Die zunehmende Bedeutung der Reisezeit für die Gesellschaft bestätigt sich in einer aktuellen Studie, welche sich mit dem ÖV und dem Mietpreisindex befasst (Skinner, 2012). Die Wichtigkeit der Mobilität zeigt sich dabei einerseits in den Kosten und andererseits im dichten Verkehrsnetz der Schweiz.

Das Verkehrsnetz der Schweiz ist sehr feingliedrig und beinhaltet jede Strecke des MIV und des ÖV. Zwei grundlegende Datensätze existieren, die das Verkehrsnetz charakterisieren: (1) die Reisezeiten in Minuten zwischen den Gemeinden der Schweiz für ÖV und MIV, (2) ein Streckennetz in Metern für ÖV und MIV.

Wie die Reisezeiten und ihre Veränderung adäquat dargestellt werden können, ist auf Grund der grossen Datenmenge eine Herausforderung. Eine Möglichkeit dieser Komplexität zu begegnen bieten die Methoden der Geovisualisierung. Die Visualisierung von Daten hat in den letzten Jahren stark zugenommen und hat sich gleichzeitig auch weiterentwickelt (Kraak, 2003). Daten werden auch in anderen Forschungsbereichen zunehmend visuell dargestellt, beispielsweise in der Medizin, in der Chemie, in den Sozialwissenschaften und vor allem auch im Multimediabereich (MacEachren & Kraak, 1997; Kraak, 2003; Mayer & Moreno, 2003). Die Entwicklung ist dabei einerseits auf technische Fortschritte und andererseits auf die Verfügbarkeit preisgünstiger Hard- und Software zurückzuführen (Grünreich, 1997).

Karten spielen eine Schlüsselrolle bei der Geovisualisierung. Die Karte wird von der *International Cartographic Association* (Rystedt et al., 2003, S.17) wie folgt definiert:

« A map is a symbolised representation of geographical reality, representing selected features or characteristics, resulting from the creative effort of its author's execution of choices, and is designed for use when spatial relationships are of primary relevance. »

Damit eine Karte als Kommunikationsmittel fungieren kann, werden geografische Inhalte abstrakt dargestellt, mit dem Ziel räumliche Beziehungen zu verdeutlichen. Eine grosse Herausforderung bei der Erstellung von nützlichen Karten ist festzustellen, wie die Informationen einer Karte beim Nutzer ankommen, respektive wie diese von ihm interpretiert werden. Ein entscheidender Faktor dabei ist der Kenntnisstand des Nutzers, denn abhängig von diesem wird beim Lesen der Karten entweder neues Wissen generiert oder bestehendes Wissen bestätigt (Buziek, 1997). Der Kartennutzer ist also ein zentrales Element im gesamten Prozess der Kartengenerierung. Empirische Studien eignen sich zur Beantwortung von Fragestellungen, in welchen Nutzer von Karten eine grosse Rolle spielen (Slocum et al., 2001; Andrienko et al., 2002; Fabrikant & Goldsberry, 2005).

Die adäquate Darstellung von Daten ist eine Herausforderung insbesondere deshalb, weil der Nutzer und somit die kognitive Komponente dabei eine zentrale Rolle spielen. Es stellt sich also einerseits die Frage wie Daten in Wissen umgewandelt werden können und andererseits wie die visuelle Exploration die Analyse von Geodaten beeinflusst (MacEachren & Kraak, 2001). Gemäss MacEachren & Kraak (2001) stellt die Karte dabei ein aktives Instrument im Denkprozess der Nutzer dar.

Die Karte kann auf unterschiedliche Art und Weise erzeugt und umgesetzt werden. Zur Darstellung der zeitlichen Komponente in georäumlichen Daten gibt es gemäss Kraak (2003) drei verschiedene Möglichkeiten: (1) die klassische, statische Kartenbetrachtung, (2) eine Betrachtung von Serien von Karten und (3) die animierte Version von Karten (Kraak, 2003). Animierte Karten werden vermehrt eingesetzt (Harrower, 2004). Die Computer Animation wird nach Dransch (1997, S. 11) wie folgt definiert:

« Computer-Animation (CA) ist eine vollständig am Computer generierte Bildsequenz aus sich sukzessiv verändernden Darstellungen. Die Veränderungen stehen in einem logischen Kontext und können sich auf alle bildbeschreibenden Parameter beziehen. »

Bereits aus dieser Definition geht hervor, dass die Veränderung von Bildern ein wesentlicher Punkt der Animation ist. Die Animation birgt ein hohes Potenzial für einen zusätzlichen Informationsgewinn (DiBiase et al., 1992), weil die raum-zeitlichen Prozesse als Bewegungsablauf und nicht nur anhand von statischen Symbolen dargestellt werden können (Buziek, 1997). Eine animierte Darstellung kann sich für das Aufzeigen von Reisezeiten eignen, da sich diese über Raum und Zeit verändern.

Wie die Kartennutzer Wissen aus statischen und auch dynamischen Darstellungen generieren, untersuchen unter anderem Fabrikant & Goldsberry (2005). Slocum et al. (2001) zeigen auf, dass animierte Karten bei gewissen Forschungsfragen effizienter sein können als statische Karten. Gleichzeitig geben die Autoren an, dass in dieser Disziplin weitere Forschung erforderlich ist, da unter anderem der Einfluss der visuellen Variablen auf die Effizienz einer Animation noch nicht abschliessend beurteilt werden kann. Der Einfluss und die Wahl der dynamischen Variablen bei animierten Karten sowie ihre Wirkung auf den Benutzer sollen ebenfalls weiter untersucht werden (Goldsberry & Battersby, 2009).

Empirische Evaluationen helfen nachzuvollziehen, wie die gewählte Repräsentation auf den Benutzer wirkt und was für eine Rolle die Animation dabei spielt. In einer Studie von Slocum et al. (2004) zur Evaluation von raum-zeitlichen Daten wird dazu die Empirie aus Nutzer- und nicht aus Expertenperspektive durchgeführt.

1.1 Motivation

Eine Herausforderung der Verkehrsplanung ist, die Komplexität von Verkehrsströmen und die dadurch generierte Datenmenge adäquat darzustellen. Die Geovisualisierung verfügt über geeignete Methoden zur Darstellung von grossen Datenmengen. Der Zweck ist, die Daten so abzubilden, dass das Wiedergegebene von den Betrachtern verstanden wird. Für die Darstellung der Veränderungen der Reisezeiten werden daher verschiedene Repräsentationsalternativen in Betracht gezogen. Die Darstellungen veranschaulichen die historische Entwicklung der Reisezeiten des MIV von 1950 bis 2000 in der Schweiz. Da es sich bei den Reisezeiten um eine Entwicklung über die Zeit handelt, ist die Animation eine Visualisierungstechnik, durch welche die Lokalisierung von Veränderungen ermöglicht wird (Buziek et al., 2000). Wie die Animation auf den Betrachter wirkt, bedarf einer Evaluation, da in diesem Forschungsbereich noch diverse offene Fragen vorhanden sind.

Da existierende Zeitkarten der Schweizer Reisezeiten nicht evaluiert sind und weiteres Forschungspotenzial im Bereich von Visualisierungsmethoden besteht, wird eine analytische Studie im Zusammenhang mit einer empirischen Studie durchgeführt. Es ist zudem nicht klar, inwiefern die Methode der Anamorphose in den bestehenden Zeitkarten zur Eruierung von Veränderungen der Reisezeit beiträgt. Daher werden in dieser Arbeit zusätzliche Methoden der Geovisualisierung geprüft. Um

letztlich zu eruieren, ob die angewendete Methode ihr Ziel auch erreicht, wird eine empirische Studie durchgeführt.

Die empirische Evaluation ist also einerseits angezeigt, weil der Kartennutzer und sein Verständnis noch Forschungspotenzial aufweisen, andererseits weil nicht genau klar ist, wie effektiv und effizient die Animation wirklich ist (Slocum et al., 2001) und dementsprechend, wie gut eine animierte Kartendarstellung bei der Informationsgewinnung wirkt (Buziek, 1997). Zur Evaluation wird ein Stimuli Design und ein Experiment Design entwickelt. Dabei wird das Stimuli Design evaluiert, welches die statischen und die animierten Karten umfasst. Das Experiment Design basiert auf einer webbasierten, strukturierten Umfrage. Anhand der empirischen Evaluation wird versucht eine Antwort auf die Fragestellung dieser Arbeit zu erhalten.

1.2 Ziel der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es herauszufinden, ob durch den Einsatz einer animierten Repräsentation ein verbessertes Verständnis der Reisezeitentwicklung erzielt werden kann, also ob eine Animation einen Mehrwert gegenüber einer statischen Betrachtung generiert. Es handelt sich hierbei um eine inhärente und nicht um eine komparative Untersuchung, da die Repräsentation der Karten, sowohl die statischen wie auch die animierten Karten die Gleichen sind. Im Fokus steht dabei der Effekt den die unabhängigen Variablen (Repräsentationsart) auf die abhängigen Variablen (benötigte Zeit und Antwortgenauigkeit) haben (Martin, 2008).

Des Weiteren soll die empirische Evaluation einen Beitrag zum aktuellen Forschungsstand im Bereich statische und animierte Karten leisten, wobei der Kartennutzer ins Zentrum der Untersuchung gestellt wird. Die Zeitkarten der Schweiz sind nicht evaluiert, weshalb die im Rahmen dieser Arbeit neu erstellten Karten einer Evaluation unterzogen werden. Dies soll auch helfen die Anamorphose bezüglich Nutzerperspektive weiter zu erforschen (Slocum et al., 2004). Zudem ist unklar, wie viel Informationsgewinn anhand dieser Karten erzielt werden kann. Unter Informationsgewinn wird einerseits der Erwerb von Wissen und andererseits die Bestätigung von vorhandenem Wissen verstanden (Buziek, 1997).

Aus der vorgängigen Einleitung, der Motivation und dem Ziel der Arbeit wird folgende Fragestellung formuliert:

Können durch eine animierte Darstellung von Reisezeiten Fragen zur Veränderung der Reisezeit effizienter und effektiver beantwortet werden als mit einer statischen Darstellung?

Zur Beantwortung der Fragestellung werden Hypothesen verfasst. Da die bereits bestehenden Zeitkarten, basierend auf Anamorphosen, nicht auf ihre kognitive Wirkung untersucht sind, fasst sich die erste Hypothese mit der Darstellungsart. Das heisst es wird als erstes untersucht,

ob die Veränderung der Reisezeit durch die gewählte Darstellung identifiziert werden kann. Die erste Hypothese wird daher wie folgt formuliert:

1A. Durch die statischen Darstellungen können die Veränderungen der Reisezeit erfasst werden.

1B. Durch die animierten Darstellungen können die Veränderungen der Reisezeit erfasst werden.

Da es sich bei den Zeitkarten um ein Aufzeigen der Veränderung über die Zeit handelt, bietet sich die Animation als geeignetes Verfahren an. Dazu wird untersucht, was für eine Wirkung die Animation auf die abhängigen Variablen der Antwortzeit und der Antwortgenauigkeit hat (Hypothese 2 und 3):

2. Mit der Verwendung einer animierten Kartenserie wird weniger Zeit zur Beantwortung der Fragen benötigt als bei der Verwendung einer statischen Kartenserie. (Effizienz)

3. Mit der Verwendung einer animierten Kartenserie werden die Fragen präziser beantwortet als mit einer statischen Kartenserie. (Effektivität)

Um die Hypothesen verifizieren zu können wird eine empirische Studie durchgeführt. Bei den gestellten Evaluationsfragen wird vor allem bei denjenigen, die explizit nach der Veränderung fragen, erwartet, dass die animierten Karten bezüglich Effektivität der Beantwortung der Fragen besser abschneiden als die statischen Karten. Dies aus dem Grund, weil in der Animation ein Vorteil bei der Ausweisung von Veränderungen gesehen wird.

1.3 Aufbau

Zur Beantwortung der Fragestellung und Verifizierung der Hypothesen werden drei Forschungsbereiche diskutiert. Im Kapitel Forschungsstand werden die Entwicklung der Reisezeit, die relevanten kartografischen Ansätze wie die Merkmale und Elemente von statischen und animierten Karten sowie empirische Studien dargelegt. Das dritte Kapitel umfasst die Methodik der Datenanalyse, worin die verschiedenen Varianten der Repräsentation der Reisezeit erläutert werden. Aus der Datenanalyse resultiert das Stimuli Design, welches für die empirische Studie gebraucht wird. Das darauffolgende Kapitel befasst sich mit der Evaluationsmethodik und dem Experiment Design. Aufgrund davon wird eine empirische Probandenstudie durchgeführt. Anhand der empirischen Studie wird untersucht, ob mittels der Karten ein Informationsgewinn erfolgt oder nicht. Anschliessend werden die Resultate aus der Studie, insbesondere statistische Auswertungen, dargelegt. Die Diskussion beleuchtet die Resultate und hinterfragt diese kritisch im Bezug auf existierende Forschungsergebnisse. Aus dieser Reflexion werden Schlussfolgerungen abgeleitet. Mit einem Ausblick wird die vorliegende Arbeit abgerundet.

2 FORSCHUNGSSTAND UND KONTEXT

Die Reisezeit in der Schweiz hat sich in den letzten Jahren stark verändert und liegt einigen Problemstellungen in der Verkehrsplanung zu Grunde. Die Geovisualisierung bietet verschiedene Methoden, mit welchen Reisezeiten abgebildet werden können. Beide Forschungsbereiche beschäftigen sich mit raum-zeitlichen Phänomenen. Die adäquate Darstellung von raum-zeitlichen Daten stellt ein eigenes, breites Forschungsfeld mit vielen Herausforderungen dar. Diese interdisziplinäre Arbeit ist an dieser Schnittstelle angesiedelt und evaluiert anhand einer empirischen Studie verschiedene Möglichkeiten, wie Reisezeiten in der Verkehrsplanung visualisiert werden können.

Der Forschungsstand befasst sich mit drei verschiedenen Forschungsbereichen, welche anhand von Literaturrecherchen diskutiert werden. Als Einstieg in die Thematik wird die Entwicklung der Reisezeit in der Schweiz dargelegt (Kapitel 2.1). In einem zweiten Teil wird die wissenschaftliche Debatte über die Darstellung von Daten in statischen und animierten Karten aufgezeigt (Kapitel 2.2). Dazu werden die Ziele und Elemente der Geovisualisierung kurz beleuchtet, die zwei Kartentypen vorgestellt und abschliessend werden diese einander gegenübergestellt. Anschliessend werden die möglichen Repräsentationsalternativen zur Darstellung der Daten aufgezeigt. Der letzte Teil des Kapitels zeigt, weshalb sich eine empirische Evaluation aufdrängt (Kapitel 2.3). Das Ziel dieses Kapitels ist zu verdeutlichen, wo und weshalb weiterer Forschungsbedarf besteht und es gibt eine Übersicht über das methodische Vorgehen.

2.1 Reisezeitentwicklung in der Schweiz

In den letzten 150 Jahren hat sich die Mobilität der Schweizer Bevölkerung markant verändert (BFS, 2010). Die grösste Veränderung ist bei den zurückgelegten Distanzen zu beobachten. Gemäss BFS (2010) hat sich die Personenverkehrsleistung von 1970 bis 2008 mehr als verdoppelt. Bei den Reisezeiten ist ebenfalls eine deutliche Veränderung festzustellen. Der Veränderung der Reisezeiten liegen verschiedene Faktoren zu Grunde. Die Reisezeit wird durch leistungsfähigere Verkehrsmittel und durch damit verbundene, höhere Geschwindigkeiten verringert (Schuler et al., 2007). Die Reisezeiten haben sich historisch aufgrund des wandelnden Angebotes der Verkehrsmittel stark verändert (Axhausen & Hurni, 2005). Betrachtet man die Entwicklung in der Schweiz, so sind in den 1970er Jahren die Motorisierung und der Bau von Autobahnen entscheidend, in den 1980er Jahren hat die Förderung des ÖV einen Einfluss und seit 1990 ist wiederum ein Rücklauf im ÖV zu verzeichnen (Schuler et al., 2007). Das Auto ist nach wie vor das dominante Verkehrsmittel in der Schweiz (BFS, 2010).

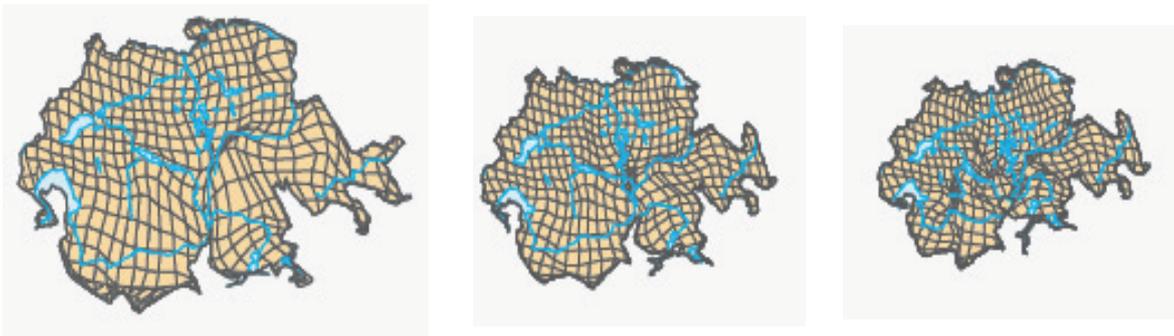
Zusätzlich beeinflusst werden die Reisezeiten wie auch die Siedlungsstrukturen durch die Bedingungen und Möglichkeiten im Arbeits- und Freizeitpendeln (Schuler et al., 2007; BFS, 2010) sowie

durch das steigende Mobilitätsbedürfnis der in der Schweiz wohnhaften Personen (BFS, 2010). Des Weiteren sind die historische Netzentwicklung sowie die Geschwindigkeitsbegrenzung relevant (Killer et al., 2010).

Insgesamt haben die Reisezeiten innerhalb der Schweiz über den Betrachtungszeitraum von 1950 – 2000 abgenommen (Axhausen & Hurni, 2005). Die Prognosen für die letzten Jahre gehen hingegen von einer anderen Entwicklung aus (BFS, 2010). Einerseits nehmen die Tagesdistanzen, welche die Schweizer Bevölkerung zurücklegt, in den letzten Jahren zu (BFS, 2010). Andererseits wird angenommen, dass die Geschwindigkeiten des MIV aufgrund des Bevölkerungswachstums in den letzten Jahren gesunken sind. Daher wird vermutet, dass die Schweiz als Ganzes keine grossen Veränderungen im Bezug auf die Reisezeiten aufweist (Axhausen, 2008). Langsamere Geschwindigkeiten hätten somit eine längere Reisezeit zur Folge. Was wiederum darin resultieren würde, dass sich die Schweiz in den letzten Jahren im Sinne der Reisezeit nicht verkleinert, sondern dass eine Vergrösserung der Schweiz zu beobachten ist.

Die grafische Darstellung verdeutlicht diese historische Entwicklung. Dazu wird die Veränderung der Reisezeiten zwischen 1950 und 2000 von Carosio et al. (2005) anhand reisezeitskalierter Karten in einem Beitrag in Axhausen & Hurni (2005) analysiert (Abbildung 1).

Abbildung 1 Reisezeitskalierte Karten (MIV) 1950, 1970, 2000



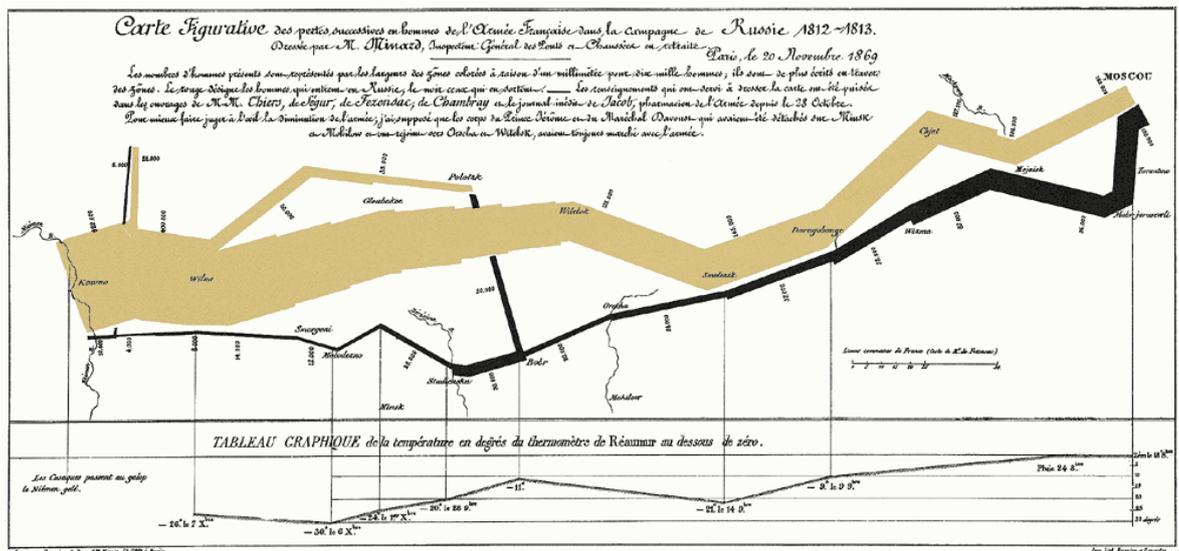
Quelle: (Carosio et al., 2005)

Die Zeitkarten der Schweiz geben einen guten Überblick über die Entwicklung der Reisezeiten in der Schweiz. Die geografische Fläche wird dabei proportional zu den Reisezeiten dargestellt (Carosio et al., 2005). Das heisst, dass zwischen Orten, welche auf der Karte nahe beieinander liegen, eine kurze Reisezeit besteht. Betrachtet man die drei Karten für 1950, 1970 und 2000 wird klar ersichtlich, dass die Schweiz insgesamt geschrumpft ist. Dies bedeutet, dass sich die Reisezeiten verkürzt haben. Die Grösse der Karten wird prozentual an den Mittelwert der Reisezeiten berechnet (Carosio et al., 2005). Das heisst anhand des gesamtschweizerischen Mittelwertes der Reisezeiten in einem Jahr werden die Karten jeweils prozentual im Vergleich zu der Karte von 1950 skaliert. Die hier gewählte Darstellungsform, die Anamorphose, wird im Unterkapitel der Repräsentationsalternativen diskutiert.

Die reisezeitskalierten Karten von Carosio et al. (2005) bilden die Ausgangslage für diese Arbeit. Bei der Erzeugung dieser Zeitkarten mussten von Carosio et al. (2005) einige Annahmen getroffen werden, zum Beispiel dass die Reisezeiten Beobachtungen entsprechen damit die Methode der kleinsten Quadrate für die weiteren Berechnungen verwendet werden kann. Ausserdem werden auch manuelle Anpassungen vorgenommen (Carosio et al., 2005). Ein Ziel dieser Arbeit ist daher, die Karten anhand einer alternativen Kartengenerierung neu zu erstellen, welche ohne manuelle Anpassungen auskommt und Alternativen zur Darstellung von Reisezeiten präsentiert. Im Folgenden wird eine Auswahl solcher Alternativen vorgestellt.

Historisch werden die Reisezeiten auf verschiedene Arten dargestellt. Die Geovisualisierung ist eine geeignete Methode (siehe Kapitel 2.2), um mittels verschiedenen grafischen Repräsentationen den visuellen Denkprozess zu stimulieren (Kraak, 2003). Beispielsweise in *Minard's Karte* von 1861 (Abbildung 2) oder im *Space-Time-Cube* werden die Reisezeiten dargestellt (Abbildung 3).

Abbildung 2 Minard's Karte von 1861

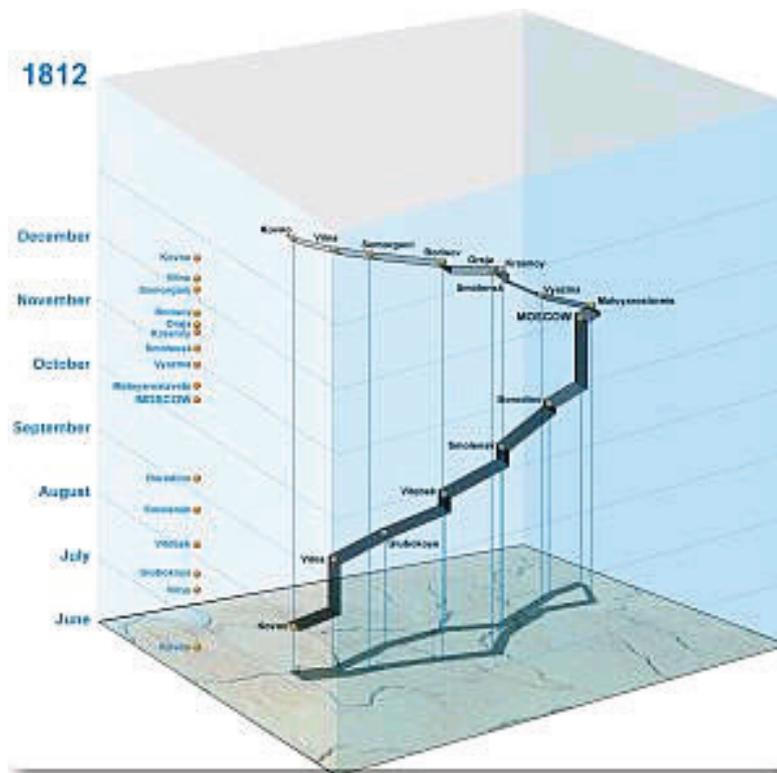


Quelle: (<http://www.edwardtufte.com/tufte/minard>)

In *Minard's Karte* werden die Stationen, welche Napoleon während seines Russland-Feldzuges passiert hat und die dazugehörigen Daten seiner Aufenthalte abgebildet. Anhand der Daten und eingezeichneten Orte kann die Reisezeit sowie auch die Distanz zwischen den Aufenthaltsorten aus der Karte herausgelesen werden. Es handelt sich hierbei also um eine planare Darstellung der Reisezeiten, wobei diverse Kartenelemente, wie beispielsweise die Angabe von Jahreszahlen, zur besseren Orientierung beitragen.

Der Russland-Feldzug von Napoleon wird nicht nur in *Minard's Karte* dargestellt sondern auch im so genannten *Space-Time-Cube* (Kraak, 2010). In diesem *Space-Time-Cube* werden Raum und Zeit in einem dreidimensionalen Raum in Relation zueinander aufgezeigt (Abbildung 3).

Abbildung 3 *Space-Time-Cube* mit Russland-Feldzug von Napoleon



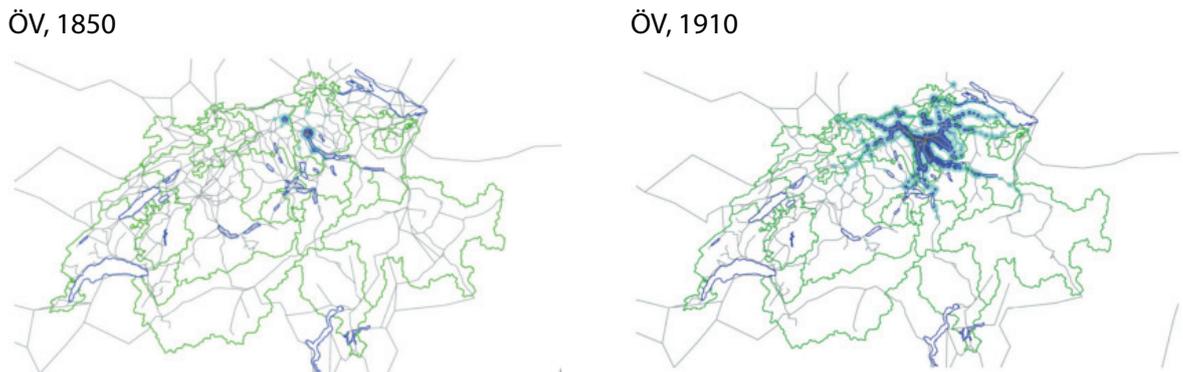
Quelle: (Kraak, 2010)

Der *Space-Time-Cube* eignet sich zur Darstellung von raum-zeitlichen Beziehungen (Huisman et al., 2009) insbesondere deshalb, weil die Schlüsselkomponenten « wann », « wo » und « was » dargestellt werden können. Diese alternative Darstellung der Reisezeit ermöglicht neue Einblicke in einen Kontext und legt aufschlussreiche Details frei. So kann auf den ersten Blick erkannt werden, dass Napoleon sechs Monate gebraucht hat, bis er in Moskau angekommen ist. Ein Problem des *Space-Time-Cube* ist gemäss Huisman et al. (2009), dass darin nicht genügend unterschiedliche Informationen und Beziehungen dargestellt werden können. Für die Abbildung und Analyse der Reisezeiten der Schweiz ist er daher nicht geeignet.

Eine weitere Darstellungsalternative sind Isochronenkarten basierend auf den Erreichbarkeiten von Orten. Die Reisezeiten sind ein Teil der generalisierten Kosten, aus welchen die Erreichbarkeiten eruiert werden (Axhausen & Hurni, 2005). Die Erreichbarkeiten basieren auf den summierten Reisezeiten und Aktivitäten einer Bevölkerung. Dabei geht es um die Akteure, welche den Raum mit angemessenem Aufwand überwinden, um eine Aktivität ausüben zu können (Tschopp et al., 2006). Eine detaillierte Analyse zu Reisezeit versus Erreichbarkeit folgt im Kapitel der Datenanalyse.

Die Erreichbarkeiten haben innerhalb der Schweiz während den letzten Jahrzehnten zugenommen, weil die Reisezeiten und somit ein Teil der generalisierten Kosten abgenommen haben. Dies wirkt sich positiv auf die Gesellschaft aus, da daraus eine Produktivitätssteigerung resultieren kann (Axhausen & Hurni, 2005). Nach Axhausen (2010) gibt es drei Möglichkeiten die Erreichbarkeiten darzustellen: Raum-Zeit-Karten, Isochronenkarten und Kognitive Karten. In Abbildung 4 sind beispielhaft zwei Isochronenkarten abgebildet.

Abbildung 4 Isochronenkarte für Zürich 1850 und 1910



Quelle: (Axhausen et al., 2005)

Die Isochronenkarten zeigen, wie sich die Erreichbarkeit über die Jahre verändert hat. So wird aus der obigen Karte ersichtlich, dass von Zürich aus im Jahre 1910 mehr Orte mit gleichem Zeitaufwand erreicht werden können als 1850. Isochronenkarten werden nach Rase (1997, S.83) « ... oft als Darstellungsmittel für die Zeitentfernung in Abhängigkeit vom euklidischen Raum der Bezugsfläche verwendet. » Die Karten mit Isochronen eignen sich gut zur Darstellung der Auswirkungen des Verkehrsinfrastrukturausbaus (Tschopp, 2007).

2.2 Statische versus animierte Karten

Aus dem vorhergehenden Kapitel geht hervor, dass es diverse Alternativen zur Darstellung der Reisezeit gibt. Die Methoden der Geovisualisierung spielen eine zentrale Rolle, weshalb hier eine Übersicht über zentrale Elemente und die Entwicklung in diesem Forschungsbereich gegeben wird. Unter Geovisualisierung versteht man die geografische Visualisierung, welche von der Kartenperspektive ausgeht und die Ansätze der Wissenschaftsvisualisierung integriert (Kraak, 2003). Ein zentraler Aspekt der Entwicklungen in der Geovisualisierung bilden die technischen Fortschritte, beispielsweise im Bereich von Softwareanwendungen, die einen immer häufigeren Einsatz von dynamischen und interaktiven Repräsentationen ermöglichen. Daher wird insbesondere auf die Thematik von statischen versus animierten Karten eingegangen. Eine solche Gegenüberstellung bietet sich zudem zur Untersuchung der Reisezeiten an, da es sich um eine sich zeitlich verändernde Grösse handelt, und daher grundsätzlich eine animierte Darstellung des Phänomens zur Frage steht.

2.2.1 Ziele und Elemente der Geovisualisierung

Die Geovisualisierung wird durch ihre historischen Entwicklungen geprägt, welche von gedruckten Karten bis zu diversen interaktiven Tools reicht (Dodge et al., 2008). Die Entwicklung der Geovisualisierung von Daten hat sich in den letzten Jahren extrem gewandelt. Wie einführend bereits erwähnt, spielt einerseits der technische Fortschritt eine Rolle, andererseits die immer grössere Menge an visualisierten Daten (Kraak, 2003).

Die geografische Visualisierung wird als kognitiver Prozess dargestellt, in welcher Karten das Instrument darstellen, welches zum visuellen Denken anregt (Kraak, 2003). Von zentraler Bedeutung ist dabei das aktive Engagement im Umgang mit Karten, das stets subjektiv beeinflusst wird (Dodge et al., 2008). Das Ziel der Geovisualisierung ist, gemäss Dodge et al. (2008), das Unbekannte zu entdecken und dieses adäquat durch digitale Techniken darzustellen. Ein weiteres Ziel der Visualisierung ist die Optimierung von Karten als Funktion von visuellem Denken und visueller Kommunikation (DiBiase et al., 1992). Grünreich (1997) fügt weiter an, dass Ideen und Problemlösungen anhand von visuellem Denken entwickelt werden können und so einen Beitrag zur Informationsgewinnung liefern. Die Geovisualisierung umfasst die Datenanalyse und ist ein Instrument zur Problemlösung und Entscheidungsfindung, wobei dies anhand bekannter und neuer Methoden unter Beachtung kognitiver Aspekte stattfindet (Andrienko et al., 2010). Das heisst die Geovisualisierung ist eine umfassende und aufschlussreiche Methode.

Die Nutzung kartografischer Visualisierungen kann nach MacEachren (1994) mittels dreier Aspekte charakterisiert werden: (1) der Zweck des Kartengebrauchs von öffentlich bis privat, (2) die räumliche Struktur von bekannt bis unbekannt und (3) der Grad der Interaktion von niedrig bis hoch. Die Nutzung der Karten, welche in dieser Arbeit erstellt werden, reicht im Idealfall von öffentlich bis privat, die räumliche Struktur ist bekannt und der Grad der Interaktion unterscheidet sich bei den statischen und animierten Karten (siehe Kapitel 2.2.2 und 2.2.3).

Karten bilden das Kernelement der Geovisualisierung. Die Karte ist dabei eine symbolische Darstellung der geografischen Realität, wobei diese in Form von gedrucktem Papier oder am Bildschirm eines Computers visualisiert werden kann (Rystedt et al., 2003). Die Form der Karte variiert mit ihrem Zweck. Eine Karte kann verschiedene Funktionen einnehmen, wie die eines Modells, eines Informationsträgers, der Kommunikation, der Informationsgewinnung sowie der Verhaltenslenkung (Buziek, 1997).

Die traditionelle Kartografie mit statischen Karten wird durch die Geovisualisierung weiterentwickelt (MacEachren & Brewer, 2001). Die Geovisualisierung integriert dabei diverse Forschungsrichtungen (Kartografie, Bildanalyse, GIS) wobei die Karten stets die Schlüsselrolle spielen (Kraak, 2003). Die Karte wie auch die visuellen Variablen, die das Design einer Karte bestimmen, haben also eine zentrale Bedeutung in der Entwicklung der Geovisualisierung.

Durch die technische Entwicklung ist es nicht mehr nur den Kartografen vorbehalten eine Karte zu erzeugen, sondern vermehrt können auch Laien Karten herstellen (Grünreich, 1997). Dabei stellen die verschiedenen Skalen- und Messniveaus eine Herausforderung bei der Visualisierung dar wie auch die Vielfältigkeit der Nutzer (Andrienko et al., 2010). Zentral ist dabei, dass eine optimale

Übertragung der Informationen der Karte an den Kartenbenutzer sichergestellt werden kann (Buziek, 1997). Beeinflusst wird die Visualisierung wiederum subjektiv durch Designentscheidungen wie auch objektiv durch die Anwendung der visuellen Variablen (Dodge et al., 2008). Im Folgenden werden diese Variablen für statische und dynamische Karten im Hinblick auf eine räumlich-zeitliche Darstellung diskutiert.

2.2.2 Statische Karten

Statische Karten, auch *small multiples* genannt, umfassen eine Abfolge eines Phänomens mit unterschiedlichen Merkmalen und Ausprägungen (Tufté, 1991). Dabei wird jede Ausprägung einzeln dargestellt und nach deren Logik angeordnet. Jede kleine Abbildung entspricht also einer Alternative welche dazu dient im Vergleich etwas zu erkennen, unterscheiden oder zu identifizieren (Tufté, 1991). Beispielsweise werden die Reisezeiten je Jahrzehnt in einer Karte chronologisch angeordnet.

Die Darstellung einer statischen Karte wird, wie bereits erwähnt, durch die Anwendung von visuellen Variablen unterstützt. Einen relevanten Forschungsbeitrag zur Anwendung von visuellen Variablen in statischen Karten liefert Bertin (1983), indem er sieben Variablen definiert (Abbildung 5).

Abbildung 5 Die visuellen Variablen

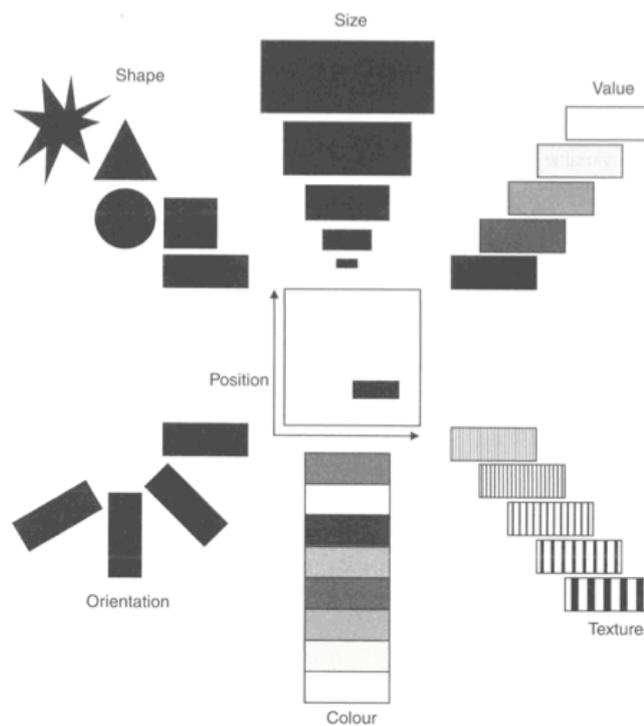


Figure 1.2.3 The visual variables.

Quelle: (Bertin 1983 in Dodge et al., 2011)

Die visuellen Variablen Grösse, Helligkeit, Muster, Farbe, Orientierung, Form und Position sind Hilfsmittel zur Darstellung von Daten in statischen Karten. Gemäss Bertin (1983) formen sie die Welt in Bilder. Zeitliche Veränderungen können beispielsweise anhand von Veränderungsraten oder Prozentwerten dargestellt werden.

Garlandini & Fabrikant (2009) haben eine empirische Studie zur Effektivität und Effizienz von visuellen Variablen in der geografischen Informationsvisualisierung durchgeführt. Dabei haben die Autoren herausgefunden, dass bei statischen zweidimensionalen Karten die visuelle Variable Grösse die effizienteste und effektivste ist, um Veränderungen zu erfassen. Die Orientierung schneidet in der Studie am schlechtesten ab. Bei der Helligkeit, der Farbe und dem Farbton konnten die Autoren keinen signifikanten Unterschied bezüglich Effizienz und Effektivität feststellen.

Eine Herausforderung bei der vorliegenden Thematik ist, nebst einem angemessenen Einsatz der visuellen Variablen, die adäquate Darstellung von Zeit und Raum. Der Raumbezug stellt eine Schwierigkeit dar, weil die grafische Darstellung der Datenanalyse oftmals eine geringe Verbindung zum Raum aufweist (Grünreich, 1997). Zudem soll eine räumliche Analyse unter Beachtung der Zeitkomponente durchgeführt werden, da diese das Ergebnis beeinflusst (Andrienko et al., 2010). Die Autoren merken dabei an, dass Raum und Zeit nicht trennbar voneinander sind.

Karten sind eine effiziente Illustration von unterschiedlichen Zeitzuständen, da durch die Gegenüberstellung von zwei Karten mit unterschiedlichem Zeitpunkt die Veränderung der Entwicklung erkannt werden kann (Schuler et al., 2007). Eine solche Darstellung von unterschiedlichen Zeitpunkten umfasst oft mehr als zwei Karten, die dem Betrachter gleichzeitig präsentiert werden, was als Nachteil angesehen werden kann. Deshalb wird nun die Methode der Animation dargelegt, die pro Zeitschritt jeweils nur eine Karte zeigt.

2.2.3 Animierte Karten

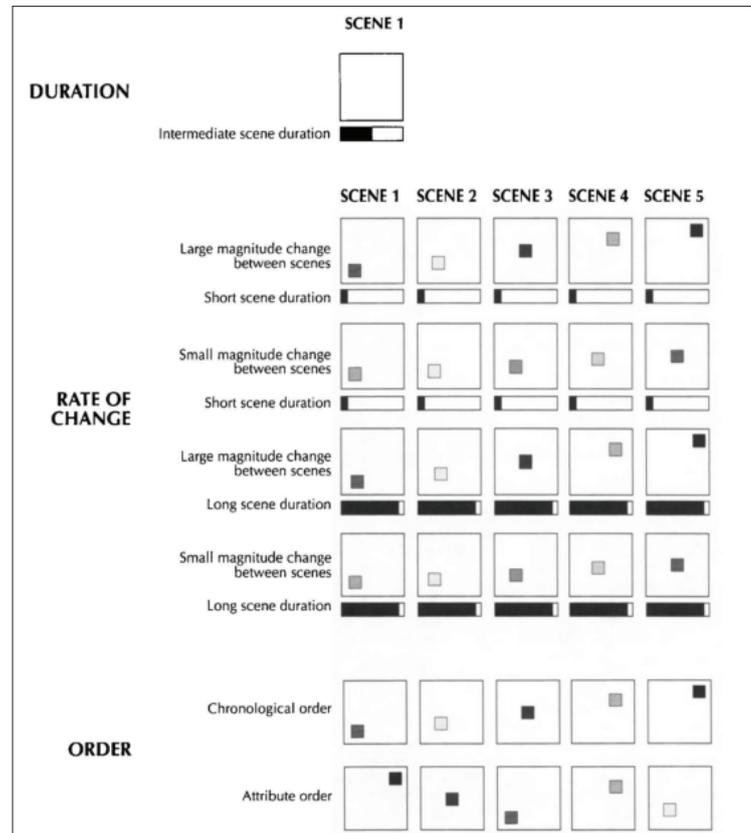
Die Entwicklung der animierten Karten kann nach Dransch (1997) bis ins 19. Jahrhundert zurückverfolgt werden. Erste Bildanimationen werden 1831 erstellt, der grosse Durchbruch folgt im Jahre 1928 mit dem Film « Mickey Mouse ». Die Computer-Animation beginnt mit dem « Springenden Ball » (1951) und ab Mitte der 1980er Jahre findet sie eine breite Anwendung (Dransch, 1997). Der Animation wird als Darstellungsvariante ein hohes Potenzial in der Informationsgewinnung zugeschrieben und wird daher im Forschungsbereich der Geovisualisierung vermehrt angewendet (DiBiase et al., 1992).

Wie auch bei den statischen Karten gibt es bei der Erstellung einer Animation Designentscheidungen, die getroffen werden müssen. Zur kartografischen Gestaltung einer Animation gehören beispielsweise die Übergänge zwischen den Bildern wie auch die Geschwindigkeit der Animation. Es gibt also unterschiedliche Möglichkeiten eine Animation zu generieren, wozu unter anderem die dynamischen Variablen nach DiBiase et al. (1992) beigezogen werden können.

Zusätzlich zu den visuellen Variablen nach Bertin (vergleiche dazu Abbildung 5) beinhaltet die Animation drei dynamische Variablen, die bei der Erstellung der Animation zu berücksichtigen sind. Diese dynamischen Variablen ermöglichen es ein Objekt zu lokalisieren, ein Attribut zu untersu-

chen oder allgemein die Veränderung des Attributs über Raum und Zeit zu verfolgen (DiBiase et al., 1992). Die dynamischen Variablen sind die Szenenlänge, die Wechselmöglichkeit zwischen den Szenen und die Szeneanordnung (DiBiase et al., 1992).

Abbildung 6 Die dynamischen Variablen



Quelle: (DiBiase et al., 1992)

In Abbildung 6 repräsentieren die grossen Quadrate eine Szene, die kleinen darin plazierten Quadrate das Phänomen. Eine Szene ist die Anordnung von Attributen zu einem bestimmten Zeitpunkt, während das Phänomen ein bestimmtes Attribut zeigt. Die Balken geben jeweils die Szenenlänge an. Die Szenenlänge gibt die Dauer einer Szene an, das heisst wie viele Zeiteinheiten eine Szene gezeigt wird (DiBiase et al., 1992). Das Wechseln zwischen den Szenen kann auf unterschiedlichen Levels umgesetzt werden. Dabei kann zwischen den Szenen ein sehr kleiner oder ein sehr grosser Unterschied, wie auch die Zwischenstufen, in der Ausprägung oder Anordnung der Phänomene stattfinden (DiBiase et al., 1992). Beispielsweise kann sich das Phänomen nach einem Szenenwechsel noch an fast der gleichen Stelle befinden wie in der vorhergehenden Szene, oder es kann von der linken unteren Ecke im grossen Viereck in dessen rechte obere Ecke springen. Die Szeneanordnung gibt an, in welcher Reihenfolge die einzelnen Szenen abgespielt werden (DiBiase et al., 1992). Meist wird die Szeneanordnung chronologisch vorgenommen.

Animierte Karten werden meistens zur Veranschaulichung einer räumlichen Veränderung über die Zeit eingesetzt. Es werden die zeitliche und die nicht zeitliche Animation unterschieden (Dransch, 1997). Die in dieser Arbeit verwendete Animation ist eine zeitliche. Eine nicht zeitliche Animation ist zum Beispiel eine Perspektivenveränderung eines 3D Gelände (Harrower & Fabrikant, 2008). Die Animation ermöglicht vielseitige Ausdrucksformen, welche anhand der dynamischen Variablen beliebig variiert werden können (DiBiase et al., 1992).

Eine Animation wird limitiert durch kognitive und wahrnehmende Aspekte, weil bei der Animation eine Dimension mehr vorhanden ist, welche die Information darstellen kann (Harrower & Fabrikant, 2008). Bei den statischen Karten werden dem Betrachter alle Informationen gleichzeitig gezeigt, bei der Animation ändern sich die Informationen über die Zeit (Harrower & Fabrikant, 2008). Mit der Szenenlänge wie auch mit der gesamten Dauer einer Animation, kann also der Nutzer beeinflusst werden. Dabei wird die Präsentationszeit dazu benutzt dem Betrachter die Veränderungen aufzuzeigen (Dransch, 1997). Der Nutzer hat eine beschränkte visuelle Auffassung und kann sich je nach Geschwindigkeit nicht alle dargestellten Informationen merken (Harrower & Fabrikant, 2008). Die Komplexität der Animation sowie die Geschwindigkeit werden auch von Tversky et al. (2002) als Nachteile bei der Erstellung einer Animation aufgeführt. Die Autorinnen diskutieren daher, ob ein gewisses Mass an Interaktivität diese Nachteile beseitigen könnte. Auch Buziek et al. (2000) merken an, dass die kartografische Gestaltung der Animation gut durchdacht sein muss. Das Design und die Menge an abgebildeten Informationen müssen daher gut reflektiert sein.

Bei der Verwendung einer Animation stellt sich also die Frage, ob diese mit interaktiven Elementen gestaltet werden soll oder nicht. Eine automatische Animation eignet sich gemäss Slocum et al. (2004) besser zur Erkennung von allgemeinen Trends und eine Animation mit Interaktionsmöglichkeit durch den Nutzer besser zur Identifizierung von Mustern. Der Nutzer ist ein kritischer Aspekt von Animationen, denn es kann sein, dass dieser eine Animation nicht zu Ende laufen lässt oder falls Interaktionen zugelassen sind, diese ungenügend oder falsch betätigt (Buziek et al., 2000).

Die Wirkung der visuellen Variablen auf die Leistungsfähigkeit der Animation bedarf gemäss Slocum et al. (2001) zudem weiterer Forschung. Das heisst inwiefern sich eine Animation durch den Einsatz von beispielsweise der visuellen Variable Farbe im Hinblick auf die daraus ziehbaren Erkenntnisse verändert. Das Design stellt also eine grosse Herausforderung von animierten Karten dar. Fabrikant (2005) hat dazu kontrollierte Experimente durchgeführt und eine Forschungsagenda auch in Anbetracht der kognitiven Aspekte erarbeitet. Fabrikant (2005) argumentiert, dass Studien, bei welcher die Animation keinen Vorteil aufweist, Elemente abbilden, die für die Beantwortung der Aufgaben entweder nicht relevant oder nicht kognitiv salient dargestellt sind. Ein weiterer Aspekt, welcher bei der Animation eine Rolle spielt, ist das Phänomen der *change blindness*. Bei der *change blindness* handelt es sich um ein Wahrnehmungsproblem von Bewegungen (Simons & Rensink, 2005; Harrower & Fabrikant, 2008). Die *change blindness* ist eine Herausforderung, da sie sich beim Wechsel einer Szene in einer Animation beim Betrachter einstellen kann, auch wenn sich dieser dessen bewusst ist (Harrower & Fabrikant, 2008).

2.2.4 Untersuchung zu statischen und animierten Karten

In dieser Betrachtung werden die statischen Karten mit den animierten Karten verglichen. Das Ziel dabei ist, zu veranschaulichen, warum beide Varianten Vor- und Nachteile haben und weshalb eine weitere empirische Studie mit einem Vergleich der beiden Varianten dazu angebracht ist.

Die Animation ist eine effektive Visualisierungsmethode, welche zur Darstellung von zeitlichen Veränderungen genutzt werden kann (DiBiase et al., 1992). Das Aufzeigen von historischen Entwicklungen sowie die dynamische Darstellung von raumbezogenen Daten sind sinnvolle Anwendungsbereiche (Buziek et al., 2000). In solchen Anwendungen sind die traditionellen Karten eingeschränkt, weil sie statisch, isolierend, selektiv und passiv sind (Dransch, 1997).

In den letzten Jahren sind animierte Karten populär geworden weil sie den Zeitaspekt in einer anderen Art und Weise wiedergeben als statische Karten (Harrower & Fabrikant, 2008). Sie ersetzen die statischen Karten aber keineswegs, sondern ergänzen diese lediglich. Es gibt Studien, wie diejenige von Griffin et al. (2006), die belegen, dass Kartenleser bei der Benützung von animierten Karten schnellere und präzisere Antworten auf Fragen bezüglich beispielsweise der Veränderung eines räumlichen Musters über die Zeit geben, als bei der Anwendung von statischen Karten. Koussoulakou & Kraak (1992) haben in ihrer Studie hingegen herausgefunden, dass die Antwortzeit bei den animierten Karten zwar signifikant schneller ist, die Antwortgenauigkeit hingegen nicht besser ist.

Slocum et al. (2004) geben an, dass es diverse Studien mit begünstigenden Resultaten zugunsten der Animation gibt aber auch solche mit gemischten Resultaten. Von den Autoren wird insbesondere die konträre Forschung im Bereich der Psychologie aufgeführt, da Psychologen den Nutzen der Animation kritisch hinterfragen. Die kontroversen Resultate werden auch von weiteren Autoren festgehalten (Tversky et al., 2002; Fabrikant & Goldsberry, 2005; Harrower, 2007; Harrower & Fabrikant, 2008). Buziek et al. (2000) sind der Meinung, dass anhand der Animation eine verbesserte Wissenskonstruktion möglich ist und dass die individuelle Extraktion von Informationen begünstigt wird. Slocum et al. (2004) haben in ihrer Studie zu animierten und statischen Karten unter anderem herausgefunden, dass eine Animation besser geeignet ist zur Erkennung von allgemeinen Trends. Statische Karten hingegen eignen sich besser, wenn einzelne Zeitstände miteinander verglichen werden sollen. Koussoulakou & Kraak (1992) sehen in der animierten Darstellung einen Vorteil wenn dem Nutzer die Möglichkeit zur Interaktion gegeben wird. Des Weiteren wird die Animation als Visualisierungsvariante mit grossem Potenzial zur geeigneten Darstellung von komplexen Sachverhalten gesehen (Koussoulakou & Kraak, 1992).

Abschliessend kann hier noch angefügt werden, dass die heutige Kartografie gemäss MacEachren & Kraak (2001) vor allem durch die zwei Schlüsselbegriffe Interaktion und Dynamik charakterisiert wird, wobei die mentale Repräsentation im Denkprozess der Benutzer eine zentrale Rolle spielt. Nicht nur bei der Animation sondern auch bei der Anordnung der statischen Karten kann die Dynamik dargestellt werden. Bei beiden Varianten wird also der Denkprozess der Nutzer beeinflusst. Die soziale Komponente wird daher von Dodge et al. (2008) als positiver Aspekt für die zukünftige Forschung angemerkt. Eine vertiefte Forschung im Bereich der kognitiv-visuellen

Prozesse ist daher wichtig. Insbesondere auch deshalb, weil es diverse Alternativen zur Repräsentation von Daten gibt und die Wirkungen dieser Repräsentationen auf den Betrachter teilweise noch relativ unerforscht sind.

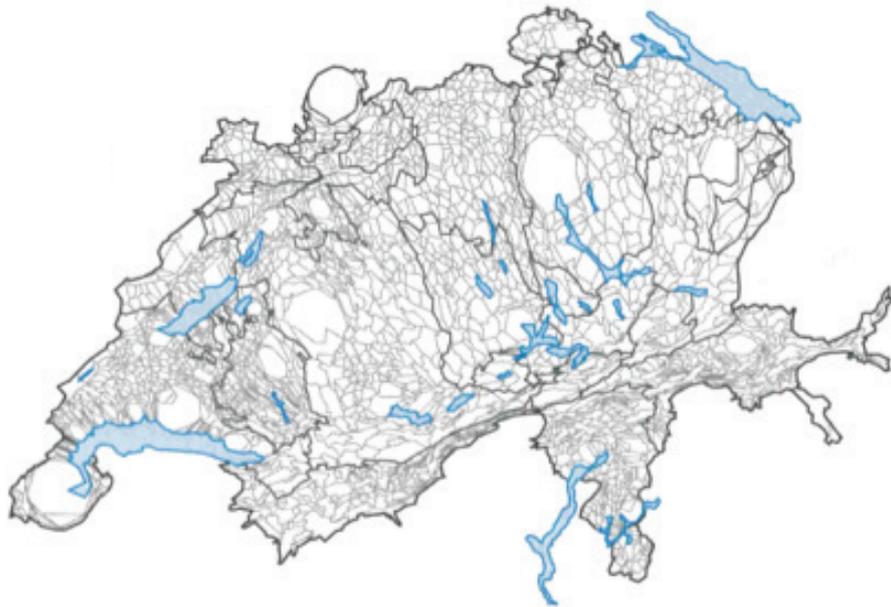
2.2.5 Repräsentationsalternativen

Bereits aus Kapitel 2.1 geht hervor, dass es diverse Möglichkeiten gibt Daten darzustellen. Für die Analyse der Reisezeiten in der Schweiz werden daher drei Algorithmen nachfolgend genauer betrachtet.

2.2.5.1 Anamorphose

Eine Anamorphose stellt eine geografische Fläche proportional zu einem Attributwert dar (Tobler, 2004). Rase (1997) zeigt auf, dass nichtlineare Abbildungen bereits 1996 in Stadtplänen umgesetzt werden, wobei das Zentrum grösser als das Umland abgebildet wird. Eine Anamorphose wird oftmals in Zusammenhang mit der Bevölkerungsentwicklung erzeugt. Dabei wird der Bevölkerung mehr Bedeutung zu gemessen als dem Raum, denn je mehr Personen an einem Ort sind, desto grösser wird die Fläche (Dorling, 1994). So zeigt Abbildung 7 beispielsweise die Bevölkerung der Schweiz im Jahre 1850.

Abbildung 7 Anamorphose Schweizer Bevölkerung 1850



Quelle: (Schuler et al., 2007)

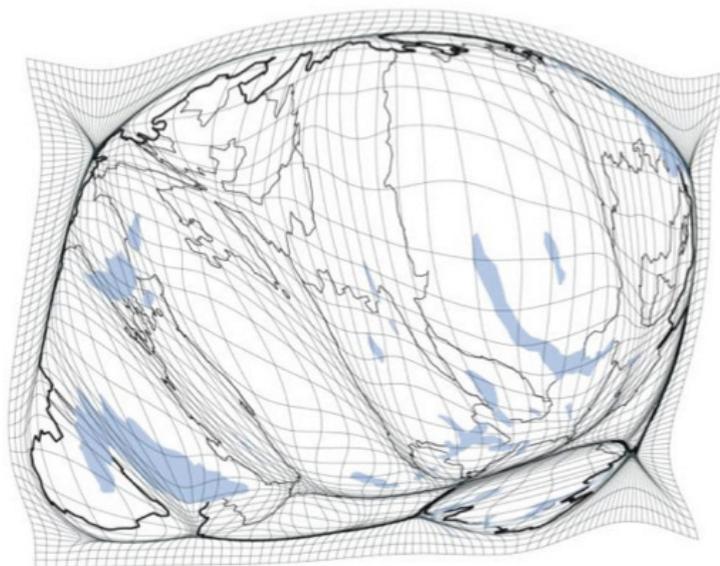
In Abbildung 7 wird aufgrund der Anamorphose deutlich, dass in den städtischen Zentren mehr Bevölkerung pro Fläche zu verzeichnen ist als in den ländlichen Regionen. Die Alpen sind insofern zu erkennen, als dass sie verschwindend klein sind.

Bei der flächenbasierten Anamorphose werden die topologischen Beziehungen beibehalten, das heisst die Gemeinden bleiben ihren Nachbargemeinden erhalten und verschieben sich nicht im Raum (Rase, 1997). Die Erhaltung der topologischen Struktur ist ein Vorteil dieser Repräsentationsalternative. Betrachtet man Abbildung 7 wird klar, dass es sich bei der dargestellten geografischen Fläche um die Schweiz handelt.

Anamorphosen können bei der Untersuchung von raum-zeitlichen Phänomenen helfen, räumliche Muster herauszulesen, wie beispielsweise die Veränderung von einer geografischen Region in Bezug auf ein definiertes Attribut. Solche spezifischen Gegebenheiten können sowohl auf der Mikroebene, zum Beispiel auf einem Bildausschnitt einer Gemeinde, wie auch auf der Makroskala, zum Beispiel über ganz Europa, visualisiert werden (Dorling, 1994). Gemäss Dorling (1994) ermöglicht eine Anamorphose zudem, dass beim Zoomen auf jeder Ebene das gleiche Muster erkennbar ist. Das heisst, wenn ein kleinerer Ausschnitt vergrössert dargestellt wird, ist das gleiche Muster erkennbar.

In Abbildung 8 sind die Pendlerströme der Schweiz, wobei diese als solche nicht mehr zu erkennen ist, als Anamorphose dargestellt. In diesem Beispiel sind die Pendlerströme das Attribut, die zu Grunde liegende Topologie ist die Schweiz.

Abbildung 8 Anamorphose Pendlerströme der Schweiz



Quelle: (Kaiser, 2011)

Die Transformation in Abbildung 8 basiert auf einer Dichteverzerrung (Kaiser, 2011). Die Regionen, in welchen die Pendlerströme einen grossen Anteil ausmachen, sind gross dargestellt. Klein dargestellt sind die Alpen, da sie eine geringere Populationsdichte aufweisen und daher, wenn überhaupt, nur marginale Pendlerströme zu verzeichnen haben. Ein ähnliches, aber weniger extremes Bild, ist auch in Abbildung 7 zu erkennen. Rase (1997) sieht den Hauptvorteil von Anamorphosen darin, dass bei der Betrachtung der Karte ein Überraschungseffekt ausgelöst wird, was wiederum dazu führt, dass sich der Betrachter intensiver mit dem Inhalt beschäftigt.

Herausforderungen bei der Erzeugung von Anamorphosen sind ihre Komplexität und die oftmals eingeschränkte Lesbarkeit (Gastner & Newman, 2004). Ein Problem stellen insbesondere Karten dar, welche in hohem Masse verzerrt und daher kaum lesbar sind. Die Anamorphosen stellen daher für Betrachter, welche mit dieser thematischen Darstellung nicht vertraut sind, eine beachtliche Hürde dar (Tobler, 2004). Dies resultiert unter anderem daher, dass Nutzer nicht mit der Erzeugung der Anamorphosen vertraut sind. Um dem entgegen zu wirken, werden von Tobler (2004) zusätzliche Kartenangaben als Interpretationshilfe vorgeschlagen. Ein Vergleich einer Anamorphose mit einer Basiskarte oder die Möglichkeit von Interaktion, werden von Kaiser (2011) als zwei Möglichkeiten zur Unterstützung des Benutzers empfohlen. Die ergänzende Beilage der unverzerrten Form der kartografischen Darstellung wird auch von Rase (1997) als wichtiges Orientierungshilfsmittel vorgeschlagen. Ein weiteres Problem ist die teils sehr intensive Rechenzeit, die zur Erzeugung einer Anamorphose benötigt wird (Gastner & Newman, 2004).

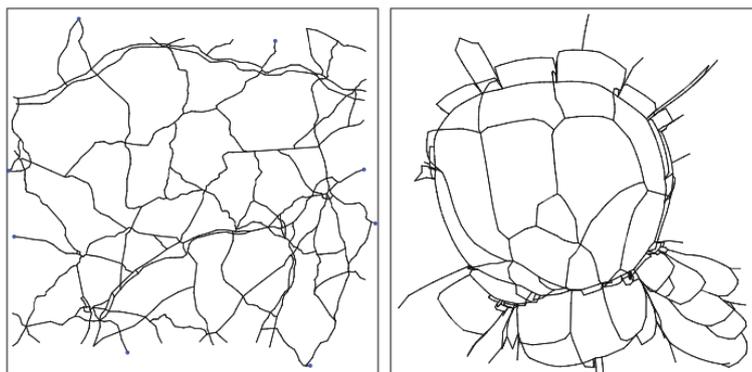
Es gibt weitere modifizierte Varianten der flächenbasierten Anamorphose. Die Erläuterung aller möglichen Varianten würde den Rahmen dieser Arbeit aber sprengen.

2.2.5.2 Multidimensionale Skalierung

Die Multidimensionale Skalierung (MDS) ist ein Datenreduktionsverfahren. Die Repräsentation der Inputdaten erfolgt in einem zwei- oder mehrdimensionalen Raum den Ähnlichkeiten oder Unterschieden entsprechend (Backhaus et al., 2008). Beispielsweise werden Autobahnen und Schnellstrassen einander näher platziert als Quartierstrassen, da sie schnellere Geschwindigkeiten aufweisen. Die Repräsentation basiert also auf wenigen Dimensionen wohingegen die Daten mehrdimensional sein können (Brandes & Pich, 2007). Die MDS eignet sich gemäss Rase (1997) zur Darstellung des euklidischen Raums in Bezug zu einer zeitlichen Distanz. Die zeitliche Distanz entspricht der Reisezeit welche abhängig von der geografischen Fläche der Schweiz ist.

In Abbildung 9 wird als Beispiel für eine MDS ein Strassennetzwerk gezeigt, wobei die linke Darstellung unverzerrt ist und die rechte Seite aufgrund einer klassischen MDS verzerrt wird.

Abbildung 9 Unverzerrtes und verzerrtes Strassennetzwerk anhand MDS



Quelle: (Kaiser et al., 2010).

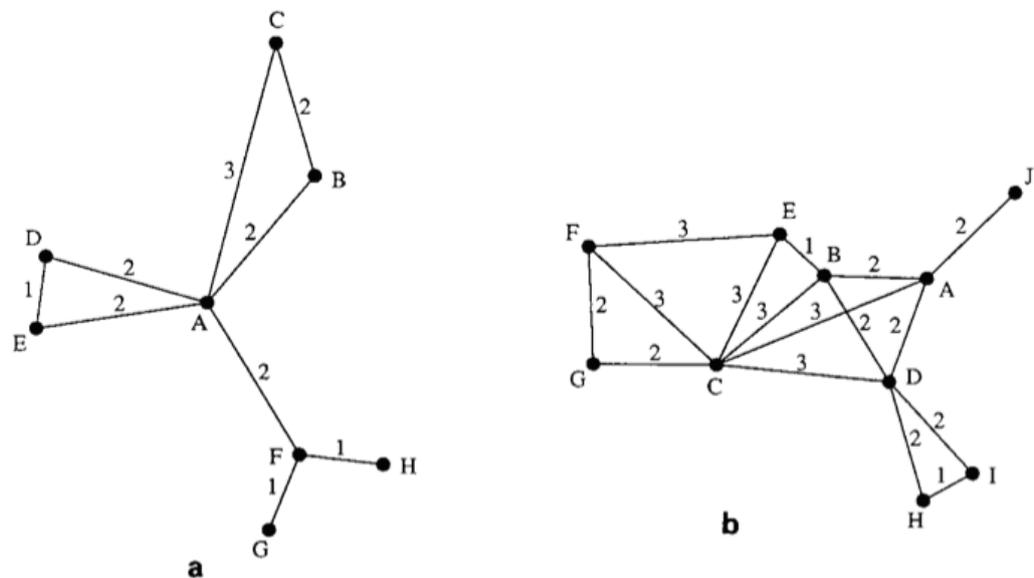
Ein Vorteil von MDS ist, dass das Verfahren eine relativ kurze Rechenzeit benötigt (Brandes & Pich, 2007). Ein weiterer Vorteil wird in der Datenreduktion gesehen. Die Inputdaten werden vom Betrachter besser verstanden, weil sie für die menschliche Vorstellungskraft vereinfacht dargestellt sind (Rase, 1997).

Dieser Algorithmus ist weit verbreitet, wobei er eine Limitierung im Bereich von grossen Datensätzen und der Erhaltung der Topologie aufweist (Kaiser et al., 2010). Die nicht zu berücksichtigende Topologie ist ein Nachteil der Methode (Rase, 1997). Um dem Problem der Topologie zu begegnen, wird von Kaiser et al. (2010) eine modifizierte MDS vorgeschlagen. Dabei kann unter anderem die Startkonfiguration mit den Landeskoordinaten gemacht werden.

2.2.5.3 Kamada und Kawai

Der Kamada & Kawai Algorithmus ist ein kräftebasierender Algorithmus. Dabei werden die Kräfte zwischen zwei Knoten, zum Beispiel die Reisezeiten, berücksichtigt. Das Ziel dabei ist, anhand eines iterativen Vorgehens die Energie des ganzen Systems und somit die Kräfte zwischen den Knoten auf ein Minimum zu reduzieren (Network-Workbench, 2011). Der Kamada & Kawai Algorithmus ist verbreitet im Bereich des Graphendesign (Brandes & Pich, 2009). In der folgenden Abbildung werden zwei abstrakte Graphen aus Kamada & Kawai (1989) als Beispiel zur Illustration des Prinzips gezeigt.

Abbildung 10 Gewichteter Graph nach Kamada und Kawai



Quelle: (Kamada & Kawai, 1989)

Die beiden Graphen in Abbildung 10 sind gewichtet, was anhand der Zahlen welche an den Linien angebracht sind, erkennbar ist. Kamada & Kawai (1989) geben an, dass es erforderlich ist, dass die Gewichte den geometrischen Distanzen entsprechend visualisiert werden.

Die Vorteile des Algorithmus sind, dass er in grossen Netzwerken angewandt werden kann und dass es sich um ein iteratives Verfahren handelt (Network-Workbench, 2011). Anhand von Iterationen wird ein Optimum gesucht. Ein Kontrapunkt ist, dass die Wiedererkennung des geografischen Raumes bei diesem Algorithmus nicht oder nur erschwert gegeben ist. Dies, weil ein gerichteter linearer Graph das Resultat des Algorithmus ist (Brandenburg et al., 1996). Anhand der Eingabe der Landeskoordinaten, analog zu MDS, können diese in die Startkonfiguration eingebaut werden.

Die Repräsentationsalternativen unterscheiden sich hinsichtlich der methodischen Erzeugung und der resultierenden Darstellung. Welche Variante sich am besten für die Analyse der Reisezeiten in der Schweiz eignet, wird im Kapitel zur Datenanalyse gezeigt. Da es sich bei allen vorgestellten Varianten um nicht alltägliche Repräsentationsalternativen handelt und die Untersuchung der kognitiven Wirkung von statischen und animierten Karten zudem weiteres Forschungspotenzial aufweist, empfiehlt sich eine empirische Studie, um die geeignetste Form der Darstellung von Reisezeiten zu evaluieren.

2.3 Empirische Studien

Das menschliche Verhalten, welches aufgrund von Umständen und Beziehungen beeinflusst wird, ist ein sehr interessantes Untersuchungsfeld (Martin, 2008). Anhand von empirischen Studien kann das menschliche Verhalten untersucht werden. Das Ziel eines Experimentes ist jeweils herauszufinden, welchen Effekt eine unabhängige Variable auf eine abhängige Variable hat (Martin, 2008). Die unabhängige Variable wird dabei also manipuliert und die abhängige Variable wird gemessen (Martin, 2008).

Empirische Studien sind zur Untersuchung von visuell-kognitiven Prozessen geeignet, da durch die rasante Entwicklung von Visualisierungen und der teilweise komplexen Nutzung von statischen und dynamischen Darstellungen nicht eindeutig ist, wie diese auf den Nutzer wirken (Johann & Heidmann, 1997). So sind auch Slocum et al. (2004) der Ansicht, dass die Nutzerperspektive noch reichlich Forschungspotenzial aufweist und dazu Studien mit Nutzern von Visualisierungen erforderlich sind. Das Ziel der empirischen Studie ist herauszufinden, ob und durch welche Faktoren eine Visualisierung den visuell-kognitiven Prozess unterstützt (Johann & Heidmann, 1997). Im Bereich von animierten Karten sind Untersuchungen notwendig. Fabrikant (2005) hat dazu kontrollierte Experimente zur Erforschung der Wirkung verschiedener dynamischer Variablen und divergenter Interaktionslevels durchgeführt.

Eine empirische Studie kann auf unterschiedliche Art und Weise aufgebaut und durchgeführt werden. Folgende Methoden und Verfahren werden nach Johann & Heidmann (1997) in der experimentellen Kartografie unterschieden: Beobachtung, Blickbewegungsregistrierung, Methode des lauten Denkens, Befragung, Gruppendiskussion, Test, Expertengespräch und Experiment. Wichtig dabei ist, dass ein Verfahren wiederholbar, nachvollziehbar und prüfbar ist (Martin, 2008). In dieser Arbeit kommt ein Experiment zur Anwendung, welches quantitative wie auch qualitative Aspekte beinhaltet. Ein Experiment kann als *between-subject* Design oder als *within-subject* Design aufgebaut sein. Beide Varianten haben ihre Vor- und Nachteile (Tabelle 1).

Tabelle 1 Vor- und Nachteile between- und within-subject Design

	Between-subject Design	Within-subject Design
Vorteile	Kein Effekt zwischen den Konditionen Kein Ausgleich zwischen den Levels nötig Abgleich reduziert Gruppenvariabilität Kein <i>learning bias</i>	Weniger Teilnehmer benötigt Variabilität zwischen Gruppen ist kleiner Kürzeres Experiment
Nachteile	Gruppenunterschiede möglich Mehr Teilnehmer benötigt Längeres Experiment Abgleich ist zeitintensiv	Effekt zwischen Konditionen möglich Lineare Verwechslung durch Ausgleich der Levels (ABBA) Symmetrischer Transfer durch Abgleich Mögliche Probleme durch Anordnung

Quelle: Martin (2008, S. 169), modifiziert

Der Hauptvorteil des *between-subject* Designs ist, dass ein *learning bias* vermieden werden kann, da die Teilnehmer jeweils nur ein Level der Variable zu sehen bekommen (Martin, 2008). Das heisst, dass ihnen entweder die statischen oder animierten Karten gezeigt werden. Ein *bias* ist hier als eine Verzerrung der Wahrnehmung zu verstehen (Martin, 2008). Wenn also dem Probanden oder der Probandin beide Levels gezeigt werden, hat er oder sie bei der Betrachtung des zweiten Levels die Tendenz anzunehmen, dass er oder sie schon weiss, was er respektive sie zu sehen bekommt. Dies kann einerseits zu Fehlschlüssen bei der Interpretation der Karten führen und andererseits kann sich dies auf die Forschungsergebnisse auswirken. Die Forschungsergebnisse würden insofern beeinflusst, als dass die Probanden je mehr Fragen sie beantwortet haben, desto schneller eine Antwort auf nachfolgende Fragen finden. Ein Lerneffekt kann also bei *within-subject* Design Experimenten mit vielen Fragen durchaus möglich sein.

Der Hauptvorteil des *within-subject* Designs ist, dass das Experiment kürzer ist und weniger Probanden rekrutiert werden müssen (Martin, 2008). Ein Nachteil des *between-subject* Designs ist daher der Bedarf eines grösseren Zeitaufwandes und mehr Probanden.

2.4 Zusammenfassung

Die Reisezeit hat sich in den letzten Jahrzehnten verändert und stellt ein interessantes Phänomen zur Untersuchung in der Verkehrsplanung dar. Die Geovisualisierung weist dabei verschiedene Methoden auf mit welcher die Reisezeiten abgebildet werden können.

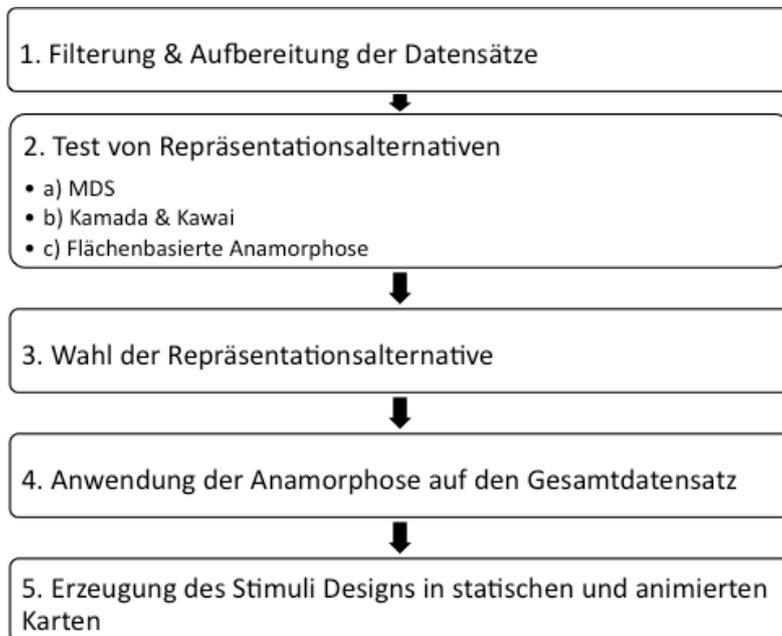
Zur adäquaten Darstellung der Reisezeit können diverse Algorithmen verwendet werden. Die bereits erstellten Zeitkarten der Schweiz basieren auf einer flächenbasierten Verzerrung, einer Anamorphose. Erweiternd werden zur Anamorphose noch die Algorithmen der Multidimensionalen Skalierung sowie Kamada & Kawai betrachtet.

Da es sich bei der vorliegenden Thematik um Veränderungen über eine gewisse Zeit handelt, werden die aus den Algorithmen hervorgehenden Abbildungen nicht nur statisch betrachtet, sondern auch animiert. Die Animation weist ein enormes Potenzial in der Visualisierung von raumzeitlichen Veränderungen auf. Sie birgt aber auch kognitive Gefahren, weshalb eine empirische Studie zur Überprüfung angezeigt ist.

3 METHODIK DATENANALYSE

In diesem Kapitel wird die Erstellung des Stimuli Designs sowie die dafür benötigten Daten und kartografischen Anforderungen besprochen. Anhand des Stimuli Designs und den Resultaten der anschliessenden empirischen Evaluation sollen die Hypothesen verifiziert und die Fragestellung dieser Arbeit beantwortet werden. Als Übersicht über die Arbeitsschritte der Datenanalyse folgt ein schematischer Arbeitsablauf (Abbildung 11).

Abbildung 11 Arbeitsablauf Datenanalyse



Die Grundlage zur Kartengenerierung bilden Daten, welche die Reisezeiten für den motorisierten Individualverkehr (MIV) sowie für den öffentlichen Verkehr (ÖV) umfassen. Es handelt sich dabei um Matrizen, welche vom Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT) generiert wurden und für diese Arbeit zur Verfügung gestellt werden. Jede Matrix beinhaltet jeweils die Quell- und Zielgemeinde sowie die Reisezeit in Minuten zwischen den Gemeinden.

Die Visualisierung der Reisezeitentwicklung der Schweiz von 1950 – 2005 erfolgt mittels dieser Daten, wobei der Gemeindestand des Jahres 2000 verwendet wird. Im Jahr 2000 verzeichnet die Schweiz 2 899 Gemeinden (BFS, 2012a). Die Datenverwaltung erfolgt über die *open source* Datenbank *MySQL* (ORACLE, 2012), aus welcher Auszüge von Teilmatrizen gezogen und innerhalb welcher Berechnungen erstellt werden können (Schritt 1 in Abbildung 11). Aus den Reisezeiten auf Gemeindeebene wird die Geometrie der kartografischen Darstellungen generiert (Schritt 2 in Ab-

bildung 11). Die Dimensionsreduktion erfolgt anhand drei unterschiedlicher Algorithmen: erstens der Multidimensionalen Skalierung, zweitens des kräftebasierten Layouts nach Kamada & Kawai, und drittens der flächenbasierten Anamorphose. Die aussagekräftigste Darstellung wird als Grundlage für die empirische Studie verwendet (Schritt 3 und 4 in Abbildung 11). Diese wird kartografisch optimiert, so dass ein ansprechendes Stimuli Design für die anschliessende empirische Evaluation resultiert (Schritt 5 in Abbildung 11).

3.1 Repräsentationsalternativen der Reisezeit

Die Reisezeiten können, wie in Kapitel 2 erläutert, auf unterschiedliche Art und Weise dargestellt werden. Aufgrund vorhandener Zeitkarten sowie der Datensichtung wird eine Abbildung erwartet, welche im Mittelland schnelle Geschwindigkeiten und damit kurze Reisezeiten aufweist. In den Rand- und Bergregionen werden langsame Geschwindigkeiten und somit lange Reisezeiten erwartet. Die Analyse der Reisezeiten wird mit drei verschiedenen Algorithmen durchgeführt.

Bei den vorhandenen Reisezeitmatrizen handelt es sich um komplexe Datensätze, die zu Beginn sinnvoll aufbereitet werden müssen. Jeder jährliche Datensatz umfasst 8 581 970 Zeilen, da die Reisezeiten für alle Verbindungen zwischen jeder der 2 899 Gemeinden aufgeführt werden. Um dieser Komplexität entgegenzuwirken, werden die Daten gefiltert.

Die verschiedenen Darstellungsalternativen werden also jeweils anhand verschiedener Auszüge des Datensatzes MIV 2000 getestet. Damit wird die Rechenzeit für die Erprobung der verschiedenen Algorithmen reduziert. Für jede Repräsentationsalternative wird der Datensatz auf 22 übergeordnete Orte, welche analog zu den Zeitkarten der Schweiz (Carosio et al., 2005) gewählt werden, verkleinert. Das heisst, es wird ein Datensatz mit 22×22 Verbindungen analysiert. Die Orte sind Aarau, Basel, Bellinzona, Bern, Brig, Chur, Delémont, Fribourg, Genf, La-Chaux-de-Fonds, Lausanne, Lugano, Luzern, Neuchâtel, Schaffhausen, Sion, Solothurn, St. Gallen, St. Moritz, Thun, Zug und Zürich (Carosio et al., 2005). Weitere Auswertungen mit anderen Auszügen aus dem Datensatz werden variantenspezifisch durchgeführt und sind in den entsprechenden Kapiteln erläutert.

Tabelle 2 zeigt beispielhaft einen Auszug aus dem Datensatz MIV 2000 mit den 22 übergeordneten Orten. Darin werden die Quellgemeinde und die Zielgemeinde mit der entsprechenden Gemeindenummer und die Reisezeit in Minuten abgebildet. Nach 21 Zeilen ändert die Quellgemeinde, da dann alle Verbindungen von Gemeinde 261 zu den anderen 21 Orten bereits aufgeführt sind.

Tabelle 2 MIV 2000: Auszug Gemeinden und Reisezeit

Quellgemeinde	Zielgemeinde	Reisezeit (Min)
261	351	81
261	942	94
261	1061	43
261	1711	34
261	2196	100
261	2601	67
261	2701	59
261	2939	37
261	3203	54
261	3787	132
261	3901	73
261	4001	37
261	5002	120
261	5192	135
261	5586	136
261	6002	140
261	6266	163
261	6421	127
261	6458	107
261	6621	174
261	6711	84
351	942	23
351	1061	67
351	1711	85
351	2196	27
351	2601	33
351	2701	61

Anhand der Tabelle erhält man einen Eindruck über die Zusammensetzung der Datensätze. Für diesen Auszug des Datensatzes MIV 2000 sowie den darin enthaltenen 22 übergeordneten Gemeinden mit ihren jeweiligen Verbindungen untereinander werden die Algorithmen getestet. Als Variante 1 wird die Multidimensionale Skalierung untersucht.

3.1.1 Variante 1: Multidimensionale Skalierung

Die Multidimensionale Skalierung (MDS) positioniert die Inputdaten gemäss ihren Ähnlichkeiten respektive Unterschieden zueinander (Backhaus et al., 2008). Die Positionierung der Gemeinden erfolgt konkret aufgrund ihrer relativen Reisezeiten. Diese Variante ist also mathematisch optimiert und bezüglich der Rechenzeit minimiert (Brandes & Pich, 2007). Die Daten werden dazu mit der Software *txt2Pajek* aufbereitet. Der topologische Raum wird mit dem *NWB Tool* berechnet. Beide genannten Anwendungen können als *open source* Software von Network-Workbench (2011) bezogen werden. Die MDS wird auf den Testdatensatz MIV 2000 mit den 22 übergeordneten Orten angewendet. Das Resultat dieser MDS ist in Abbildung 12 gezeigt. Die relative Verteilung der Orte entspricht in der Darstellung ungefähr ihrer bekannten geografischen Lage. Die blau eingefärbten Strecken repräsentieren dabei die kurzen Reisezeiten, die rot eingefärbten Strecken die langen Reisezeiten.

Abbildung 12 MDS mit 22 Orten und ihren Verbindungen

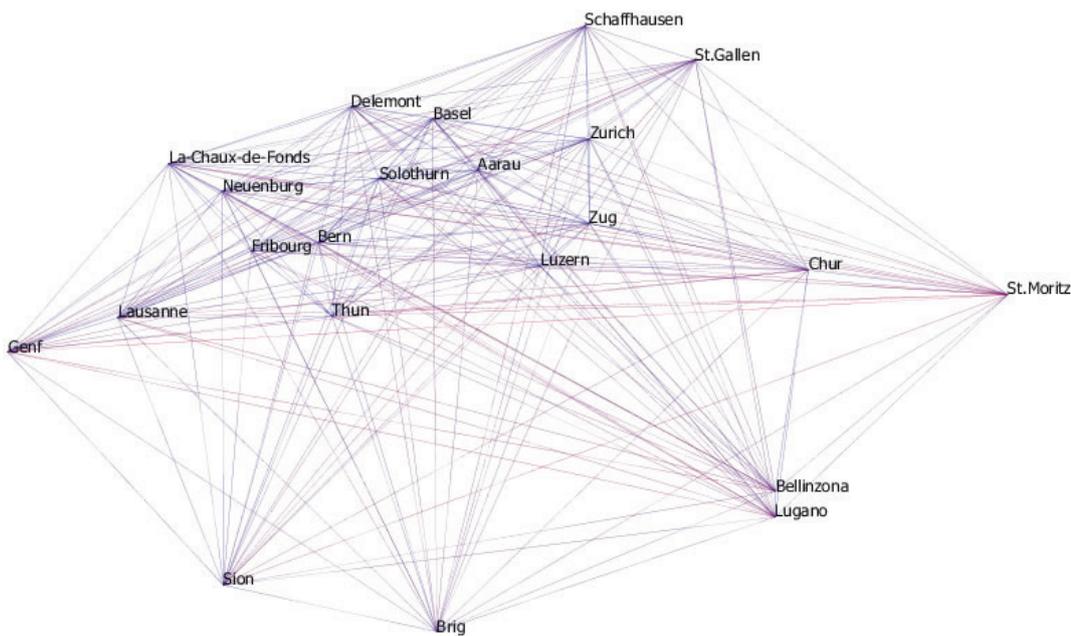


Abbildung 12 zeigt, dass beispielsweise die Reisezeit von Genf nach St. Moritz lange dauert. Die Städte im Mittelland liegen nahe beieinander und weisen blaue Verbindungen auf. Die MDS ist eine sinnvolle Option zur Darstellung der Reisezeiten wenn es sich um einen reduzierten Datensatz handelt. Die Anwendung auf den gesamten Datensatz ist jedoch nicht möglich, weil dieser zu viele Verbindungen aufweist.

3.1.2 Variante 2: Kamada und Kawai

Dieser kräftebasierende Algorithmus aus dem Forschungsbereich der Netzwerkvisualisierung stellt die Knoten aufgrund ihrer Kräfte in einem iterativen Verfahren so dar, dass eine minimale Energie im System ist (Network-Workbench, 2011). Das Netzwerk wird als Kräftesystem verstanden, in dem die Kantengewichte, in dieser Arbeit die Reisezeit, die Kräfte bestimmen. Der Algorithmus verteilt die Knoten im Raum so, dass die Energie im System minimal wird. Die Gemeinden werden somit anhand ihrer Reisezeit iterativ platziert wobei die geografische Lage ansatzweise anhand der Eingabe der Landeskoordinaten beibehalten werden kann.

Die Umsetzung erfolgt analog zu MDS mit *txt2Pajek* und dem *NWB Tool*, wobei die weiterführenden Analysen mit der Software *Pajek* durchgeführt werden. Die Analysen werden ebenfalls auf den Datensatz MIV 2000 mit 22 übergeordneten Orten angewendet. Das kräftebasierte Layout wird dabei über verschiedene Funktionen und Iterationsstufen getestet. Zu Beginn wird die Basiseinstellung der Software, die so genannte *GUESS* Funktion, angewendet, um einen ersten Überblick über diese Repräsentationsvariante zu erhalten. Anschliessend werden bei weiteren Analysen einerseits Gewichtungen berücksichtigt und andererseits werden gerichtete und ungerichtete Einstellungen der Kantengewichte getestet. Die Analysen erfolgen jeweils über mehrere Iterationsschritte in *Pajek*. Bei den Reisezeiten handelt es sich um Dissimilaritätswerte. Das heisst, je grösser ein Wert ist, desto länger ist die Reisezeit und desto grösser ist der Abstand im topologischen Raum. Beispielhaft wird hier die Anwendung der Funktion *Fast* (gewichtete aber ungerichtete Werte) mit Eingabe der Landeskoordinaten und Namen der Orte gezeigt (Abbildung 13).

Abbildung 13 Kamada und Kawai mit 22 Orten und ihren Verbindungen

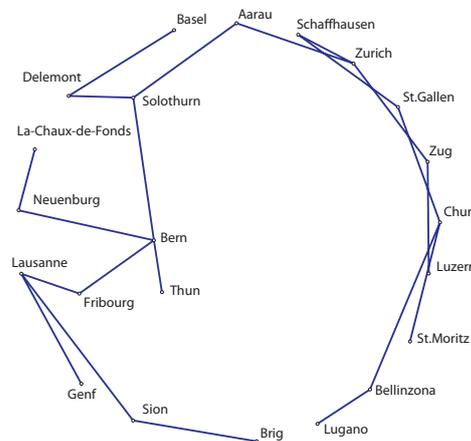


Abbildung 13 zeigt die relevanten Verbindungen zwischen den 22 übergeordneten Orten so im Raum angeordnet, dass die Energie im System minimal ist. Die Orte sind unter Berücksichtigung der Landeskoordinaten platziert. Es ist beispielsweise logisch nachvollziehbar, dass Bern auf der linken Seite etwas unterhalb der Mitte zu liegen kommt und mit Solothurn, Thun, Neuenburg und Fribourg in Verbindung steht.

Die diversen Analysen mit Kamada & Kawai haben sehr abstrakte Repräsentationen ergeben, in denen keine topologischen Merkmale einbezogen werden können. Auch der geografische Raum kann mit den Koordinaten nicht befriedigend wiedergegeben werden.

3.1.3 Variante 3: Flächenbasierte Anamorphose

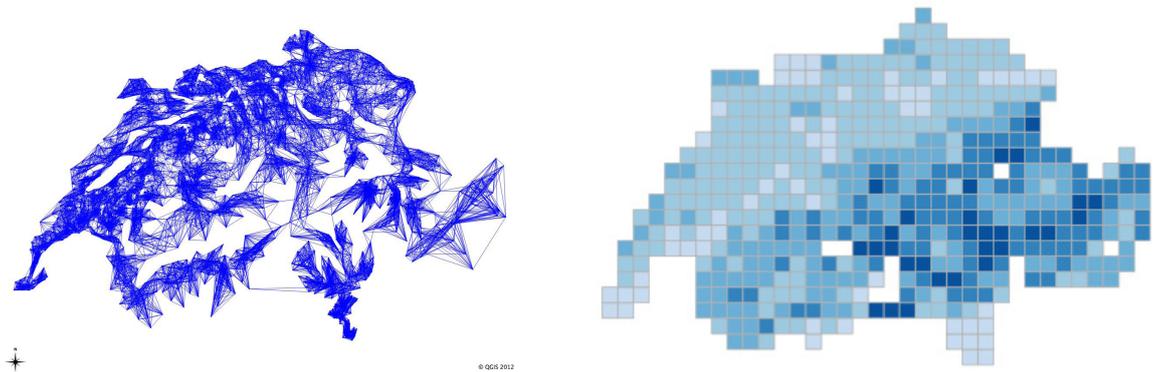
Zur Erstellung einer flächenbasierten Anamorphose wird ein Datensatz benötigt, der die Schweiz in ihre kommunale Einheiten gliedert. Über das GeoData Wiki des Geographischen Instituts der Universität Zürich werden diverse Datensätze des Bundesamtes für Statistik zur Benutzung für Forschung und Lehre zur Verfügung gestellt. Für diese Arbeit wird ein Datensatz des Bundesamts für Statistik mit generalisierten Gemeindegrenzen von 2001 verwendet « G3G01 », welcher mit dem Gemeindestand von 2000 übereinstimmt (BFS, 2012b). Der Datensatz wurde am 27.1.2012 kopiert. Der Datensatz umfasst die dritte Generalisierungsstufe der Gemeindegrenzen und beinhaltet zudem die Gemeinde-, Bezirks- und Kantonsnummern sowie den Gemeindepnamen.

Die zur Verfügung gestellte Matrix des IVT für den MIV des Jahres 2000 mit den Reisezeiten ist nicht flächenbasiert. Daher muss diese Matrix anhand eines mehrstufigen Verfahrens modifiziert werden, so dass die Reisezeiten, respektive im Endeffekt die Geschwindigkeiten, einem flächenbasierten Phänomen entsprechen. Das heisst sie werden von einer linearen in eine flächenbasierte Repräsentation umgewandelt. Die Berechnungen dazu wie auch das Generieren von Auszügen aus dem Datensatz, werden mit *MySQL* durchgeführt.

Die erste Analyse wird analog zu den beiden anderen Varianten mit einem Auszug des Datensatzes MIV 2000 mit den 22 übergeordneten Orten durchgeführt. Daraus resultiert ein zu grobes Bild, welches in der Folge nicht weiter betrachtet wird. Es wird daher nach anderen Kriterien zur Reduzierung des Datensatzes gesucht. Eine Möglichkeit besteht darin, dass an Stelle von allen 2 899 Verbindungen je Gemeinde lediglich die 15 kürzesten Verbindungen (Klavans & Boyack, 2006) je Gemeinde ausgewählt werden. Meist bestehen diese Verbindungen zu den umliegenden Gemeinden.

Anhand der Koordinaten der Gemeinden werden Linien, wie sie in Abbildung 14 im linken Bild zu sehen sind, generiert. Die Umsetzung erfolgt mittels *QGIS*, welche als *open source* Software von Quantum GIS (2012) bezogen werden kann. Die 15 Linien je Gemeinde, die die kürzesten Reisezeiten repräsentieren, werden anschliessend zu einem Rasterdatensatz mit einer Auflösung von 10×10 km in *ESRI ArcGIS* weiter verarbeitet. Bei diesem wie auch bei den folgenden Rasterdatensätzen handelt es sich nicht um einen Raster im Sinne eines Pixelrasters sondern um Polygonvektoren. Die Auflösung des Rasterdatensatzes mit 10×10 km wird gewählt, da die Zeitkarten von Carosio et al. (2005) dieselbe Auflösung aufweisen. Abbildung 14 zeigt also die 15 kürzesten Verbindungen jeder Gemeinde, einerseits als Linien und andererseits flächenbasiert als Rasterzellen dargestellt.

Abbildung 14 MIV 2000: 15 kürzeste Verbindungen je Gemeinde



Die Strecken im linken Bild werden aufgrund der Landeskoordinaten berechnet und entsprechen daher der euklidischen Distanz. Im rechten Bild sind die mittleren Geschwindigkeiten je Rasterzelle (Polygonvektor) abgebildet. Dabei entsprechen dunkle Zellen langsamen Geschwindigkeiten und hohen Reisezeiten und helle Zellen hohen Geschwindigkeiten und kürzeren Reisezeiten. Aufgrund der zur Anwendung kommenden Filterung werden längere Reisezeiten nicht berücksichtigt. Daher werden weitere Auszüge aus dem gesamten Datensatz MIV 2000 getestet.

Um schnellere und längere Verbindungen miteinzubeziehen wird ein Auszug mit den 15 kürzesten Verbindungen und denjenigen zwischen den 22 übergeordneten Orten erstellt (Abbildung 15).

Abbildung 15 MIV 2000: 15 kürzeste Verbindungen je Gemeinde inklusive Verbindungen 22 Orte

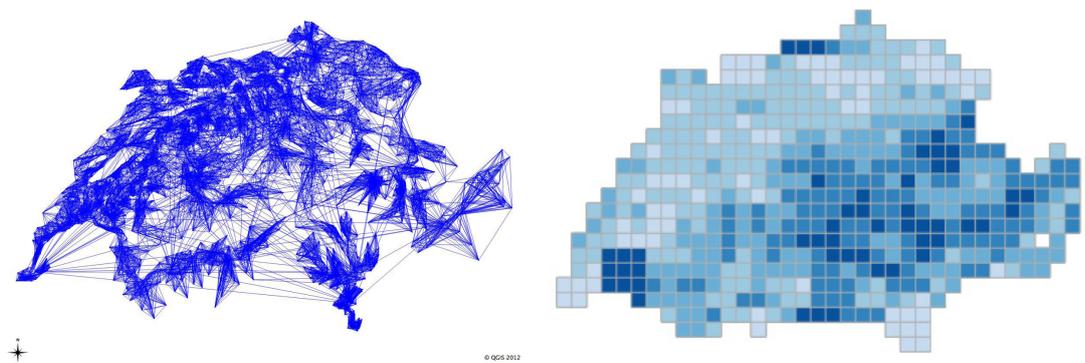


Abbildung 15 zeigt deutlich mehr Linien als Abbildung 14 sowie Linien über grössere Distanzen. Es wird daher erwartet, dass durch die Einbindung von Autobahnstrecken und Schnellstrassen die Geschwindigkeiten im Mittelland schneller werden, da die Hauptverkehrsrouten erwartungsgemäss schneller sind als die übrigen Routen. Die entsprechende Rasterkarte in Abbildung 15 kann diese These allerdings nicht bestätigen.

Der Datensatz wird daher auch auf die 20, 25, 30 und 40 kürzesten Verbindungen reduziert und daraus werden wiederum flächenbasierte Rasterkarten erstellt. Die daraus resultierenden Abbildungen haben keinen Mehrwert ergeben, weshalb sie nicht weiter thematisiert werden.

Des Weiteren wird der Datensatz noch auf die 184 Bezirkshauptorte reduziert (Abbildung 16).

Abbildung 16 MIV 2000: 184 Verbindungen Bezirkshauptorte

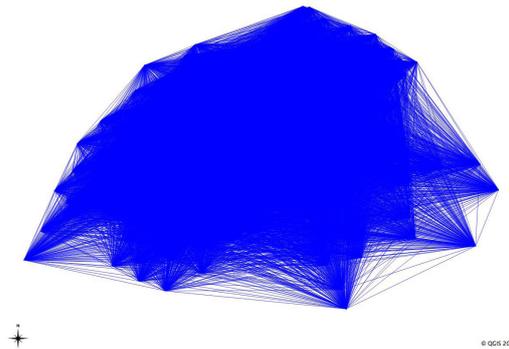
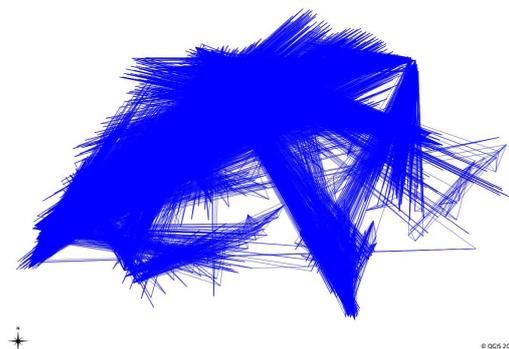


Abbildung 16 zeigt, dass bei einer solchen Reduzierung des Datensatzes viele, sich überlappende Verbindungen entstehen. Diese Methode wird verworfen, da eine Umsetzung in einen Rasterdatensatz nicht möglich ist.

Zum Schluss wird noch versucht anhand der 15 schnellsten Verbindungen eine Abbildung zu generieren, welche die erwarteten kurzen Reisezeiten im Mittelland und langen Reisezeiten in Rand- und Bergregionen wiedergeben soll. Die 15 schnellsten Verbindungen je Gemeinde sind in Abbildung 17 dargestellt.

Abbildung 17 MIV 2000: 15 schnellste Verbindungen je Gemeinde



Wie die Abbildung zeigt, gibt es hier eine starke Überlappung der Linien im Mittelland sowie in der Nord-Süd-Achse. Auch hier ist es nicht möglich einen Rasterdatensatz zu berechnen. Daher muss auch dieser Ansatz verworfen werden.

Die flächenbasierte Anamorphose kann mit der angewandten Reduktionen der Datensätze keine befriedigenden Resultate generieren und hat die Leistungsfähigkeit diverser Programme in Frage gestellt. Die Herangehensweise zur Erzeugung der Anamorphose muss also überdacht werden.

3.1.4 Algorithmenwahl

Aus der Dimensionsreduktion mit den drei Algorithmen wird diejenige der flächenbasierten Anamorphose gewählt. Die Gründe dazu werden je Variante kurz zusammengefasst.

Die Variante 1, der MDS, kommt nicht zur Anwendung, weil die Datensätze für eine MDS zu gross sind. Die Darstellung wird zunehmend unlesbar, je mehr Orte und Verbindungen integriert werden. Ausserdem kann die Repräsentation der Topologie nicht berücksichtigt werden. Des Weiteren stellt sich bei dieser Variante die Frage, wie man die Reisezeiten in verschiedenen Jahren vergleichen kann. Die Lage der Punkte, die die Gemeinden repräsentieren, würde sich über die Zeit verändern, was sich auf den visuell-kognitiven Wahrnehmungsprozess der Betrachter auswirken würde. Inwiefern und in welchem Ausmass ist aber nicht klar, weshalb diese Variante als ungeeignet erachtet wird.

Variante 2, der Kamada und Kawai, ist ein Verfahren welches sich gut eignet, um Beziehungen in Netzwerken darzustellen. Zur Repräsentation von Reisezeiten ist der Algorithmus allerdings nicht geeignet, weil die Abbildungen zu abstrakt sind. Ausserdem kann wie bei Variante 1 die Topologie nicht zufriedenstellend berücksichtigt werden und die Vergleichbarkeit in zeitlicher Hinsicht ist nicht geklärt.

Bei der Variante 3, der flächenbasierten Anamorphose, ist die Vergleichbarkeit zwischen den Abbildungen und Jahren gegeben. Die Repräsentationen werden aufgrund der Fläche kleiner wobei die Fläche in jedem Jahr als Schweiz erkannt werden kann. Ein weiterer positiver Aspekt ist, dass die Topologie beibehalten werden kann. Obwohl Variante 3 in der Testphase und mit den erprobten Filterungen einige Probleme bei der Umsetzung aufweist, wird sie als Repräsentationsmethode gewählt. Die Daten werden dabei sinnvoll gefiltert und die flächenbasierte Anamorphose wird neu in Anlehnung an Killer et al. (2010) und Carioso et al. (2005) berechnet und erzeugt. Das Stimuli Design wird also mit der flächenbasierten Anamorphose erstellt. Im nächsten Kapitel wird beschrieben, wie die Umsetzung erfolgt und welche Annahmen dazu getroffen werden.

3.2 Umsetzung

Die Reisezeiten in Minuten von Gemeinde zu Gemeinde sind für die Jahre 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 und 2005 vorhanden. Die Reisezeiten können aber nicht als Flächeneinheit dargestellt werden. Da für die flächenbasierte Anamorphose die Geschwindigkeit an Stelle der Reisezeit berechnet werden muss, werden die Netzdistanzen, welche ebenfalls vom IVT zur Verfügung gestellt werden, in die Berechnungen miteinbezogen. Die Netzdistanzen sind für dieselben Jahre wie die Reisezeiten vorhanden und geben an, wie gross die Distanz zwischen zwei Gemeinden ist. Es werden die Netzdistanzen an Stelle der euklidischen Distanz verwendet, da die Reisezeiten aufgrund derer ermittelt werden. Die euklidische Distanz beispielsweise von St. Moritz nach Genf entspricht nicht der Netzdistanz. Die euklidische Distanz, welche aufgrund der Koordinaten berechnet wer-

den kann, beträgt gerundet 285 km. Die Netzdistanz, welche vom IVT zur Verfügung gestellt wird, beläuft sich zwischen St. Moritz und Genf auf 488 km. Die Netzdistanz ist also deutlich länger als die euklidische Distanz.

Die Kartengenerierung erfolgt über ein mehrstufiges Verfahren. Als erstes werden die Geschwindigkeiten je Quell- und Zielgemeinde über die Reisezeit und Netzdistanz berechnet. Die Geschwindigkeit in km/h wird anschliessend je Gemeinde anhand einer Mittelwertberechnung aufsummiert (Formel 1).

Bei der Anamorphose haben die Attributwerte einen Einfluss auf die Verzerrung der Fläche (Tobler, 2004). Um in den Karten lange Reisezeiten mit geringen Geschwindigkeiten als grosse Flächen darzustellen, werden die inversen Geschwindigkeiten verwendet. Die Berechnungsschritte können in Formel 1 (Killer et al., 2010) zusammengefasst werden:

$$SRZD_i = 1 / (1/n \sum t_{ij} / d_{ij}) \quad (1)$$

In Formel 1 entspricht SRZD der Summe der Reisezeitdistanz (*Sum of travel time distance*) und *i* steht für invers. Die Summe in der Formel setzt sich aus der Reisezeit *t* von Gemeinde *i* zu Gemeinde *j* geteilt durch die Distanz von Gemeinde *i* zu Gemeinde *j* zusammen. Diese Summe wird gemittelt und invertiert. Der daraus resultierende Datensatz umfasst nun zusätzlich zur Gemeinde eine ID, den Mittelwert der Geschwindigkeit in km/h, den inversen Mittelwert der Geschwindigkeit und den exponentiellen Wert der inversen Geschwindigkeit. Da sich die inversen Mittelwerte nur marginal unterscheiden werden sie exponentiell transformiert (Vergleiche dazu Abbildung 19). Als Beispiel dafür ist ein Auszug aus dem MIV 2000 Datensatz in Tabelle 3 angefügt.

Tabelle 3 MIV 2000: Auszug aus MySQL für Umsetzung

ID	Gemeinde	Mittelwert km/h	Mittelwert inverse km/h	Exp(Invers*500)
1	1	80.97	0.0124	492.75
2896	2	84.47	0.0118	365.04
5791	3	84.02	0.0119	383.75
8686	4	88.00	0.0114	298.87
11581	5	85.78	0.0117	347.23
14476	6	83.33	0.0120	403.43
17371	7	88.88	0.0113	284.29
20266	8	86.92	0.0115	314.19
23161	9	87.04	0.0115	314.19
26056	10	82.63	0.0121	424.11
28951	11	84.68	0.0118	365.04
31846	12	87.01	0.0115	314.19
34741	13	87.41	0.0114	298.87
37636	14	81.48	0.0123	468.72
40531	21	87.70	0.0114	298.87
43426	22	89.30	0.0112	270.43
46321	23	83.29	0.0120	403.43

Die weitere Datenanalyse erfolgt in *ESRI ArcGIS*. Viele Gemeinden sind sehr klein und somit nach der Verzerrung kaum ersichtlich. Ausserdem sind bei Berücksichtigung aller Gemeinden zu viele Informationen auf einer Karte. Alternativ können die Gemeindegrenzen generalisiert oder ein Raster analog zu den Zeitkarten der Schweiz nach Carosio et al. (2005) über die Schweiz gelegt werden. Um einen Vergleich zu den bestehenden Zeitkarten gewährleisten zu können, wird hier die zweite Variante gewählt und ein Raster mit der Rasterzellengrösse 10 km x 10 km über den bestehenden Datensatz gelegt. Auch hier entsprechen die Rasterzellen nicht einem Pixelraster sondern Polygonvektoren. Zur Veranschaulichung was dies bedeutet Abbildung 18.

Abbildung 18 MIV 2000: Auszug aus der Schweiz mit Gemeinden und Rasterzellen

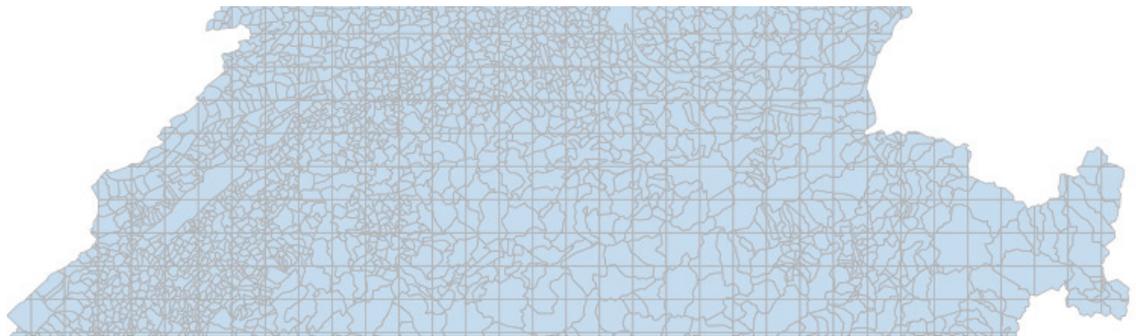
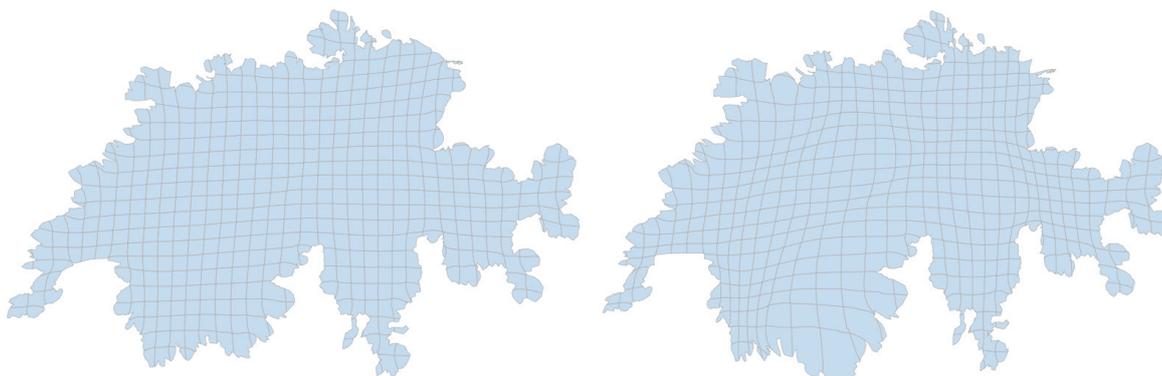


Abbildung 18 illustriert, dass eine Analyse mit den kleinräumigen Gemeinden zu viele Informationen und somit ein eher unleserliches Resultat ergeben würde. Von den insgesamt 2 899 Gemeindepolygonen sind nach dem Auflösen der Gemeindegrenzen innerhalb einer Rasterzelle (Polygonvektoren) noch 501 Zellen vorhanden, also knapp ein Sechstel der ursprünglichen Menge. Die Rasterzellen erhalten dabei einen Mittelwert der Geschwindigkeiten ihrer zu Grunde liegenden Gemeinden. Dieser Mittelwert je Rasterzelle wird benötigt, um anschliessend die Anamorphose zu erzeugen.

Aufgrund der Rastergenerierung werden alle Gemeindegrenzen wie auch die Grenzen der Seen als quadratische Polygone generalisiert. Da die Seen nicht für weitere Analysen benötigt werden, kann auf sie verzichtet werden. Zur Orientierung werden im nachfolgenden Unterkapitel Stimuli Design anderweitige Kriterien aufgeführt.

Die Anamorphose wird anhand der Software *ScapeToad* erzeugt (ScapeToad, 2012). Die Verzerrung der Fläche erfolgt dabei über ein iteratives Verfahren wobei das Attribut der inverse Mittelwert je Rasterzelle ist. Zur Verdeutlichung des Effekts werden die inversen Geschwindigkeiten zudem exponentiell skaliert, da sonst die Grössenunterschiede der Rasterzellen zu marginal ausfallen. Ein Beispiel der inversen und exponentiellen Werte ist in Tabelle 3 zu finden. Abbildung 19 verdeutlicht, warum ein exponentieller Wert der inversen Geschwindigkeit verwendet wird.

Abbildung 19 MIV 2000: Vergleich Anamorphose ohne und mit exponentiellen Werten



Dieser visuelle Vergleich von zwei Anamorphosen ohne Farbklassierung zeigt, dass im linken Bild ohne exponentielle Werte die Flächenverzerrung sehr marginal ist. Im rechten Bild wird klar ersichtlich, weshalb die Verwendung von exponentiell transformierten Geschwindigkeiten angezeigt ist.

Somit sind alle Umsetzungsschritte aufgezeigt. Es werden über dieses mehrstufige Verfahren einerseits Karten für den MIV für die Jahre 1950, 1960, 1970, 1980, 1990, 2000 und 2005 und andererseits für den ÖV für die selben Jahre erstellt. Die einzelnen Karten werden anschliessend weiter zum Stimuli Design verarbeitet. Das Stimuli Design wird auf die empirische Evaluation ausgerichtet und beinhaltet weder das Jahr 2005 noch den ÖV. Eine Gesamtübersicht aller angefertigten Karten ist in Anhang 1 zu finden.

3.2.1 Stimuli Design statische Karten

Die Anfertigung des Stimuli Designs für die statischen Karten umfasst einerseits eine Erläuterung der visuellen Variablen, welche für das Design verwendet werden und andererseits müssen die verwendeten Merkmale einer Karte und die Anordnung der Karten sinnvoll gewählt werden. Das Stimuli Design wird mit *Adobe Illustrator* angefertigt.

Für die Klassierung der Rasterzellen wird die Farbe als visuelle Variable gewählt, da eine homogene Farbgebung die Interpretation der erzeugten Karten erschwert (Abbildung 19).

Gemäss Schuler et al. (2007) ist bei mehreren aufeinanderfolgenden Karten, welche eine Veränderung über die Zeit darstellen, eine einheitliche Klassierung zu wählen, so dass die Jahre untereinander mittels der Farbgebung verglichen werden können. Es wird also eine globale Farbgebung über alle Jahre angewendet. Analog zum Atlas des räumlichen Wandels der Schweiz, in welchem die meisten Karten mit fünf oder sechs Farbstufen dargestellt werden (Schuler et al., 2007), werden für das Stimuli Design dieser Arbeit fünf Klassen gewählt.

Die Klassierung erfolgt anhand von natürlichen Brüchen. Diese Möglichkeit lässt eine gute Impression der Daten zu, da die Klassengrenzen dort gewählt werden, wo die grössten Sprünge der Werte sind. Das heisst, dass die Rasterzellen mit ähnlichen Reisezeiten die gleiche Farbe in allen Jahren erhalten. Die Vergleichbarkeit zwischen den Jahren ist somit gewährleistet.

Für eine Klassierung mit fünf Klassen, in welcher nicht Werte in der Legende sondern Worte zur Beschreibung des Wertes gewählt werden, eignet sich die Anwendung der so genannten Likert Skala (Martin, 2008). Die Skala der Legende wird abstrakt gesetzt, weil die Geschwindigkeiten invers und exponentiell skaliert sind, also keinem realen Wert entsprechen. Solche Masseinheiten wären für den Betrachter schwierig zu interpretieren. Fasst man die quantitativen Einheiten in Worte, steht der inhaltliche Aspekt im Zentrum. Es wird dem Betrachter ermöglicht, einen Eindruck über kurze und schnelle Reisezeiten zu gewinnen.

Die Likert Skala wird normalerweise verwendet um die Meinung von befragten Personen zu erfahren, wobei den Personen fünf Kategorien zur Auswahl gestellt werden (Martin, 2008). Die Likert Skala umfasst folgende Kategorien: Eine sehr positive, eine positive, eine neutrale, eine negative und eine sehr negative. Anhand der Likert Skala können die fünf Klassen zur Beschreibung der Reisezeit folgendermassen beschrieben werden: sehr kurz, kurz, mittel, lang, sehr lang.

Zur optimalen Farbabstufung wird der colorbrewer2.org (Brewer et al., 2012) einbezogen. Dabei wird ein blaues Farbschema mit einem Farbton (*single hue*) gewählt, damit die Abstufung der Helligkeit das kontinuierliche Phänomen der Reisezeit von schnell nach langsam optimal repräsentieren kann (Vergleiche dazu Anhang 1).

Die visuelle Variable der Grösse zeigt sich in zwei Aspekten der Karten. Erstens werden die Rasterzellen bei der Anamorphose in ihrer Grösse aufgrund der Geschwindigkeit verzerrt. Grosse Geschwindigkeiten führen dabei zu kleinen Rasterzellen. Die Anamorphosen werden anschliessend alle im gleichen Massstab (1:2'000'000) aus *ArcGIS* exportiert, so dass die Vergleichbarkeit der Grösse gewährleistet ist. Zweitens werden die Karten der einzelnen Jahre, aufgrund des gesamtschweizerischen Mittelwertes der Geschwindigkeiten, in ihrer Grösse skaliert. Die mittlere Geschwindigkeit im Jahr 1950 wird dazu als Normgrösse gewählt und entspricht 100%. Die Grösse der Schweiz in den übrigen Jahren wird prozentual zu der Veränderung der mittleren Geschwindigkeit, verkleinert oder vergrössert. Die Mittelwerte der Geschwindigkeiten pro Jahr und die Prozentwerte zur Skalierung der Kartengrösse sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4 Skalierungswerte der Karten

Jahr	MIV		Öv	
	km/h	%	km/h	%
1950	56.96	100	41.98	100
1960	61.74	92	43.42	97
1970	72.51	79	47.37	89
1980	82.43	69	52.10	81
1990	86.03	66	53.26	79
2000	85.21	67	48.71	86
2005	81.76	70	47.06	89

Beim MIV wie auch beim ÖV ist jeweils die Karte des Jahres 1990 die kleinste. Die mittleren Geschwindigkeiten für den MIV sind höher als diejenigen für den ÖV. Die Karten des MIV verkleinern sich daher mehr als die des ÖV.

Die Karten werden chronologisch angeordnet. Die Richtung der Anordnung erfolgt gemäss der in der Schweiz gängigen Leserichtung von links nach rechts und von oben nach unten. Die sechs Karten werden jeweils zentriert angeordnet (Abbildung 20). Damit alle Karten auf einer Seite platziert werden können, werden diese verkleinert. Die Karten des MIV werden dabei erst auf 70% ihrer Grösse reduziert und anschliessend alle miteinander auf 110%. Die Karten des ÖV werden dazu ebenfalls erst auf 70% skaliert, anschliessend alle nochmals auf 85%. Das Jahr 2005 ist für die empirische Evaluation nicht relevant und wird deshalb hier nicht thematisiert.

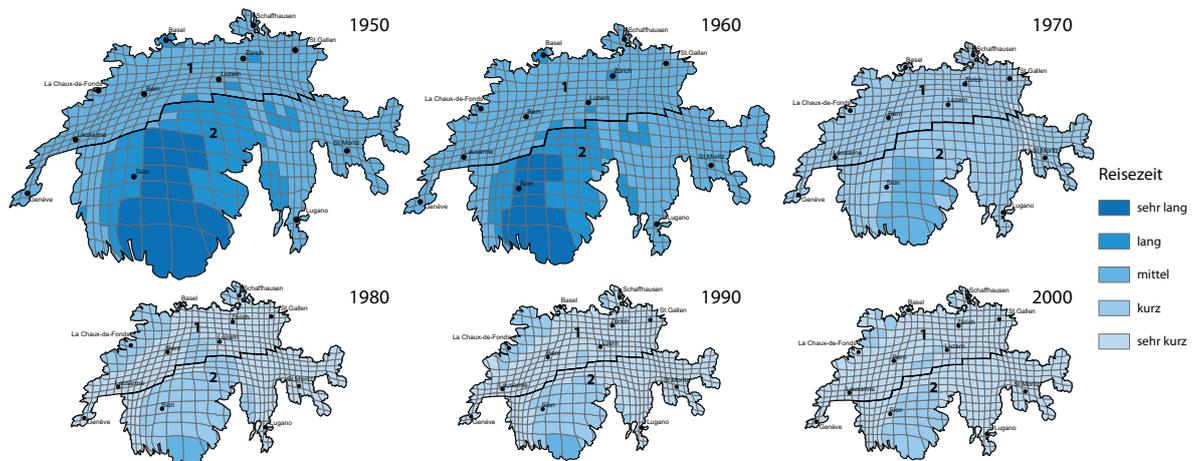
Als Orientierungshilfe wird den sechs Karten die entsprechende Jahreszahl zugeordnet. Die Jahreszahlen sind jeweils rechts neben der Karte platziert und passend ausgerichtet. Wichtig ist, dass klar ist welche Karte welchem Jahr zugehörig ist.

Als weiteres Kartenelement wird eine Legende eingefügt, welche die oben beschriebenen abstrakten Bezeichnungen von sehr lang bis sehr kurz zeigt. Die Legende wird rechts zentriert angeordnet.

Als zusätzliche Orientierungshilfe werden in jeder Karte Ortsnamen eingefügt. Die eingefügten Ortsnamen entsprechen einer Auswahl aus den übergeordneten Orten, wobei vor allem diejenigen am Rande sowie die wichtigen zentralen Namen eingefügt werden. Als weiteres Element werden Regionengrenzen eingezeichnet, welche für die nachfolgende empirische Evaluation von Bedeutung sein werden. Diese Regionen werden ebenfalls abstrakt und beliebig gewählt. Das heisst ohne beispielsweise den Röstigraben oder die Nord-Süd-Verbindungen zu berücksichtigen. Diese Wahl soll voreilige Schlüsse bei der Karteninterpretation vermeiden. Die Regionen sind durch eine dicke Linie abgegrenzt, wohingegen die einzelnen Rasterzellen nur mit ganz dünnen Linien umrandet sind. Zur Abgrenzung der Schweiz als Ganzes wird eine mittlere Liniendicke zur Umrandung gewählt. Die Regionen werden zur Vermeidung von voreingenommenen Antworten mit Region 1 oder Region 2 und nicht mit Ost- oder Westschweiz beschriftet. Bei der Beschriftung der Regionen wird zudem darauf geachtet, dass sie keine Ortsnamen oder Regionengrenzen überschneiden.

Auf weitere Kartenelemente wird bewusst verzichtet, da die Karten im Endeffekt relativ klein sind und weitere semiotische Objekte nur die Lesbarkeit beeinträchtigen würden. Das gesamte Stimuli Design der statischen Karten ist in Anhang 3 zu finden, wobei in Abbildung 20 eine Variante der Karten abgebildet ist.

Abbildung 20 Beispiel Stimuli Design



Wie in diesem Beispiel ersichtlich ist, haben die Karten keinen Titel, obwohl ein Titel ein sehr aussagekräftiges und wichtiges Kartenelement sein kann. Da das Stimuli Design für die statischen wie auch für die animierten Karten jeweils direkt unterhalb einer Evaluationsfrage platziert wird, ist ein Titel überflüssig. Für die Evaluation, welche im Folgekapitel erläutert wird, wird nebst dem statischen Stimuli Design noch ein Animationsdesign benötigt welches nun beschrieben wird.

3.2.2 Stimuli Design animierte Karten

Da die empirische Evaluation die Untersuchung von statischen und animierten Karten beinhaltet, wird auch ein Stimuli Design für die animierten Karten erstellt. Das Stimuli Design für die animierten Karten wird ausgehend vom Design der statischen Karten mit *Adobe Flash* gebildet. Die statischen Karten werden in der gleichen Grösse und mit den gleichen Farben für das Design der animierten Karten übernommen. Zudem wird auch die Höhe des Rahmens demjenigen der statischen Karten gleichgesetzt. Damit ist er für eine Bildschirmauflösung von 1280x800 Pixel und das Umfragefenster optimiert. Dazu im nachfolgenden Kapitel der Evaluationsmethodik mehr.

Beim Stimuli Design der animierten Karten werden zusätzlich zu den bereits erwähnten visuellen Variablen noch die dynamischen Variablen in Betracht gezogen (siehe Abbildung 6). Die erste dynamische Variable, die Szenenlänge, wird auf 6 Bilder pro Sekunde (*fps*) eingestellt, was der Standardeinstellung von *Adobe Flash* entspricht. Die gesamte Animation hat eine Dauer von 9.7 Sekunden. Griffin et al. (2006) haben ein ähnliches Stimuli Design entworfen. Sie haben dabei aber unterschiedliche Szenenlängen und somit Gesamtdauern der Animation getestet. Bei einer Gesamtdauer von 9 Sekunden haben die Probanden mit 79.2% am meisten Fragen richtig beantwortet. Die Entscheidung zu 6 Bildern pro Sekunde und 6 Zeitzuständen ist daher eine angemessene Wahl. Analog zum statischen Stimuli Design wird auch hier das Jahr 2005 nicht miteinbezogen und wird daher im Stimuli Design der animierten Karten ebenfalls nicht thematisiert.

Für die dynamische Variable Szenewechsel wird ein Fixpunkt festgelegt. Das heisst, dass jede Karte in jedem Bild (*frame*) am gleichen Ort ausgerichtet wird. Der verwendete Fixpunkt ist der

Punkt des Ortsnamens Luzern. Das heisst, wenn sich die Karten verkleinern oder verzerren ist dies in alle Himmelsrichtungen ersichtlich da ein zentraler Punkt fixiert ist.

Die dritte dynamische Variable die Szeneanordnung wird chronologisch vorgenommen. Die Animation beginnt also mit dem Jahr 1950 und endet mit dem Jahr 2000.

Bei der Erstellung einer Animation sind zusätzlich zu den dynamischen Variablen weitere Kartenelemente zu berücksichtigen. Analog zu den statischen Karten wird die gleiche Legende eingefügt. Da man sich bei der Animation auf die Veränderung der Karte achten soll und nicht auf die Veränderung der übrigen Elemente, wird die Legende zentriert an die Karte von 1950 ausgerichtet und für die anderen Jahre an der exakt selben Stelle belassen.

Die Jahreszahlen werden nicht wie bei den statischen Karten oben rechts platziert, sondern unterhalb der Karte entlang einer Linie, welche einem Schieberegler ähnelt, angeordnet. Damit der Animationsbenutzer weiss, in welchem Jahr sich die Animation gerade befindet, wird das Jahr, welches zugehörig zur angezeigten Karte ist, mit einem roten Rechteck umrandet und grau hinterlegt.

Die Animation lässt einem die Möglichkeit offen, interaktive Elemente einzubauen. In diesem Stimuli Design werden vier verschiedene Interaktionsbuttons eingebaut, welche, wenn sie aktiviert sind, ebenfalls rot umrandet sind. Es wird eine Startbutton eingebaut, welcher dem Benutzer jederzeit ein erneutes Abspielen der Animation erlaubt. Es wird ein Pausebutton eingebaut, welcher dem Benutzer jederzeit ein Unterbrechen der Animation ermöglicht. Des Weiteren wird je ein Button eingebaut, mit welchem zum Anfang der Animation beziehungsweise zu deren Ende gesprungen werden kann. Diese Funktionen werden als notwendig erachtet um der *change blindness* entgegenzuwirken. Anhand dieser Buttons wird dem Benutzer zumindest die Möglichkeit geboten die Animation erneut abzuspielen oder sie anzuhalten und etwas genauer zu betrachten. Auf die Funktion des Zoomen oder anwählen von bestimmten Objekten wird verzichtet, da sonst die Vergleichbarkeit zu den statischen Karten in Frage gestellt werden müsste (Slocum et al., 2004).

Die Animation ist so eingestellt, dass sie von Beginn weg läuft. Bei drei der sechs Evaluationsfragen wird zudem ein Mouseover der Jahreszahlen aktiviert. Das Mouseover ermöglicht dem Kartenbetrachter die Animation bis zu einem gewissen Grad selbst zu steuern. Durch das Überfahren der Jahreszahlen, welche auf aktives Mouseover gesetzt werden, wird das jeweilige Jahr, auf welchem sich die Maus gerade befindet, angezeigt. Das heisst, dass die Animation nicht wie vorgegeben ablaufen muss. Der Kartenbetrachter kann selber entscheiden, welches Jahr angeschaut wird und ob und wie rasch zwischen welchen Jahren hin- und hergesprungen wird. Da das Mouseover aber nicht zu den klassischen Animationsfunktionen gehört, respektive die Animation eigentlich gar nicht ablaufen muss, da anhand des Mouseovers die Steuerung übernommen wird, ist das Mouseover nur bei drei der sechs Evaluationsfragen eingebaut.

3.3 Vergleich Reisezeit und Erreichbarkeit

Da es sich bei den Reisezeiten, um ein nicht flächenbasiertes Phänomen handelt, wird auch die Verwendung der Erreichbarkeiten als Attribut ins Auge gefasst. In diesem Unterkapitel werden die Erreichbarkeiten kurz diskutiert und eine Umsetzungsvariante wird vorgeschlagen. Für einen Vergleich mit den Reisezeiten werden Karten der Erreichbarkeiten erzeugt.

Wie bereits erwähnt, ist die Reisezeit, anders als die Erreichbarkeit, nicht flächenbasiert. Daher würde sich die Erreichbarkeit als Attribut prinzipiell besser für die Erzeugung einer Anamorphose eignen. Zudem sind die Reisezeiten in den Erreichbarkeiten mit einberechnet (Axhausen et al., 2005). Die Phänomene hängen also zusammen.

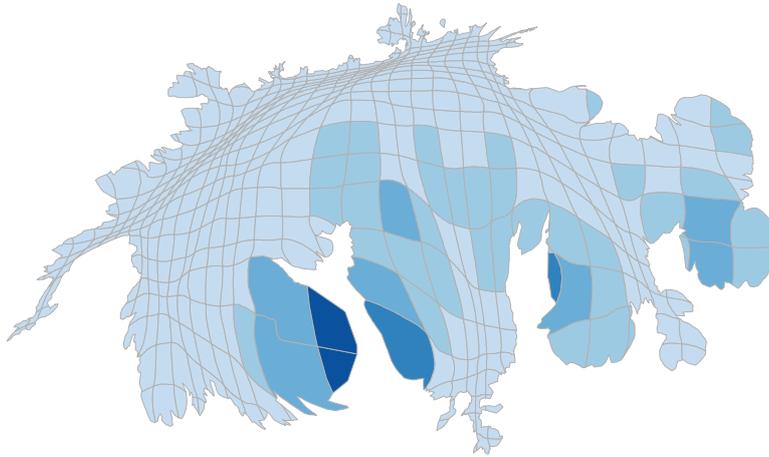
Aus dem aktuellen Forschungsstand nach BFS (2010) und Schuler et al. (2007) hat sich herauskristallisiert, dass sich in den letzten Jahren die Mobilität markant verändert hat. Die Mobilität hat sich einerseits durch eine Zunahme der zurückgelegten Distanzen und andererseits durch das Bevölkerungswachstum sowie die damit einhergehenden Entwicklungen der Wirtschaft in den letzten Jahren stark verändert (BFS, 2010). In Bezug auf die Wirtschaft spielt die Erreichbarkeit eine grosse Rolle, weil sie ein Wettbewerbsfaktor ist und weil sie regionale Disparitäten beeinflussen kann (BFS, 2010). Daher werden die Erreichbarkeiten, welche auf den summierten Reisezeiten sowie den Aktivitäten einer Bevölkerung basieren, genauer betrachtet. Die Erreichbarkeiten beinhalten neben der effektiv aufgewendeten Reisezeit auch die Angemessenheit zur Überwindung des Raumes um eine Aktivität durchführen zu können (Tschopp et al., 2006). Die Berechnung der Erreichbarkeit erfolgt über die Formel aus Tschopp et al. (2006):

$$E_i = \sum A_j \cdot \exp(-\beta \cdot rz_{ij}) \quad (2)$$

E_i steht für die Erreichbarkeit von Gemeinde i aus. A_j gibt die Anzahl Aktivitätspunkte in der Gemeinde j an, wobei ein Aktivitätspunkt beispielsweise die Bevölkerung ist. β ist ein Distanz-Gewichtungsfaktor welcher in die Berechnung einbezogen wird. Gemäss Axhausen et al. (2005) wird er für die Berechnungen der Erreichbarkeiten in den Zeitkarten der Schweiz auf 0.2 gesetzt. rz_{ij} steht für die Reisezeit des MIV oder ÖV zwischen der Gemeinde i und der Gemeinde j . Vergleicht man Formel 1 und Formel 2 wird ersichtlich, dass bei beiden eine Summierung vorhanden ist, bei den Erreichbarkeiten werden aber zusätzlich die Aktivitäten miteinbezogen sowie die Distanz gewichtet. Hingegen wird bei Formel 1 die effektive Netzdistanz verwendet sowie ein Mittelwert berechnet. Es werden bei den Erreichbarkeiten ebenfalls die inversen Werte verwendet $1/(E_i)$.

Die Berechnung der Erreichbarkeitskarten erfolgt basierend auf Erreichbarkeitsdatensätzen von Tschopp et al. (2006) und analog zum Vorgehen in Kapitel 3.2. Die Datensätze werden ebenfalls vom IVT für diese Arbeit zur Verfügung gestellt. Die Erreichbarkeiten werden im Gegensatz zu den Reisezeiten aber nicht exponentiell skaliert, weil sich die Werte innerhalb der Jahre genügend unterscheiden und bereits in der Formel eine Gewichtung der Reisezeiten vorgenommen wird. Ein Beispiel einer Erreichbarkeitskarte wird in Abbildung 21 gezeigt.

Abbildung 21 MIV 2000: Beispiel Erreichbarkeit



Für die Erzeugung der Karte werden für die Vergleichbarkeit ebenfalls die inversen Erreichbarkeiten als Attribut verwendet. Regionen mit guter Erreichbarkeit sind in der Abbildung sehr klein dargestellt und Regionen welche schlecht erreichbar sind, werden aufgeblasen. Wie in Abbildung 21 ersichtlich ist, wird ebenfalls eine Farbklassierung analog zu den Reisezeitkarten vorgenommen. Die Klassierung wird hier nicht nach natürlichen Brüchen, sondern nach gleichem Intervall vorgenommen, weil die Werte sehr homogen verteilt sind.

Analog zu den Karten mit den Reisezeiten, respektive Geschwindigkeiten, werden auch die Erreichbarkeiten aufgrund des gesamtschweizerischen Mittelwertes eines Jahres in ihrer Grösse skaliert. Die Skalierung erfolgt dabei umgekehrt proportional, so dass eine verbesserte Erreichbarkeit in einer kleineren Karte resultiert. Aus diesen Berechnungen ergeben sich die Werte in Tabelle 5, welche anschliessend für die Flächenskalierung verwendet werden.

Tabelle 5 Skalierungswerte der Erreichbarkeiten

Jahr	MIV			ÖV		
	Mittelwert	ln	%	Mittelwert	ln	%
1950	8024	8.990	100	1742	7.463	100
1960	9709	9.181	83	1988	7.595	88
1970	14352	9.572	56	2378	7.774	73
1980	17513	9.771	46	2760	7.923	63
1990	19527	9.880	41	3084	8.034	56
2000	18705	9.837	43	3190	8.068	55
2005	23540	10.066	34	2886	7.968	60

Tabelle 5 zeigt, dass sich die Erreichbarkeiten im MIV deutlicher verbessert haben als im ÖV. Der logarithmierte (\ln) Wert ist hier ergänzend aufgeführt, damit im Kapitel der Diskussion ein Vergleich mit den Karten aus Axhausen et al. (2005) gemacht werden kann.

Weiter zu erwähnen ist, dass die Erreichbarkeiten für das Jahr 2005 von Killer (mündliche Information von Veronika Killer, 13. Juli 2012) neu berechnet wurden. Die Mittelwerte scheinen grundsätzlich plausibel. Die Abweichungen können durch ändernde Anzahl Arbeitsplätze und Bevölkerungsdichte erklärt werden. Weiteres dazu im Kapitel der Diskussion.

Alle Karten zu den Erreichbarkeiten sind in Anhang 1 zu finden. Eine wichtige Anmerkung zur Kartenbetrachtung ist, dass die Karten zwischen dem MIV und dem ÖV nicht direkt miteinander verglichen werden können. Erstens wird die Farbskala jeweils nur je Phänomen global über die Jahre gelegt. Das heisst es liegen für den MIV und den ÖV andere Klassierungsgrenzen zu Grunde. Zweitens werden die Erreichbarkeitskarten im Gesamten gleich skaliert wie die Reisezeitkarten des MIV. Dies damit ein Vergleich zwischen den Reisezeiten und Erreichbarkeiten möglich ist. Das heisst, dass die Karten des MIV jeweils um gleichviele Prozent verkleinert werden wie diejenigen für den MIV der Reisezeiten, so dass jeweils alle auf einer Seite platziert werden können.

Grundsätzlich stellen die Erreichbarkeiten ein interessantes Phänomen dar, insbesondere deshalb weil sie weitere Aspekte zusätzlich zur Reisezeit beinhalten. Da es bei dieser Arbeit aber primär um die Entwicklung der Reisezeit geht, wird auf die Erreichbarkeiten nicht weiter eingegangen.

3.4 Zusammenfassung Datenanalyse

Die Evaluation von drei Repräsentationsvarianten hat gezeigt, dass sich für die Darstellung der Reisezeiten in dieser Arbeit die flächenbasierte Anamorphose am besten eignet. Die geografische Fläche der Schweiz wird dabei proportional zur Reisezeit dargestellt. Die Reisezeiten werden mit der Netzdistanz zu inversen mittleren Geschwindigkeiten umgerechnet. Damit ein Vergleich mit den bestehenden Zeitkarten möglich ist, werden die Polygone der Gemeinden in ein Raster umgewandelt und ein Mittelwert je Rasterzelle (Polygonvektor) berechnet. Die Anamorphose basiert also auf einer zweifachen Mittelwertberechnung. Die anschliessende Verzerrung erfolgt über ein iteratives Verfahren in *ScapeToad*.

Die kartografische Feinarbeit endet im Stimuli Design der statischen und der animierten Karten. Die Karten der beiden Designs sind bezüglich Farbe und Grösse identisch, so dass in der anschliessenden empirischen Evaluation die Vergleichbarkeit gewährleistet ist. Die Karten, die durch die Datenanalyse sowie durch die Anwendung des Algorithmus der flächenbasierten Anamorphose generiert werden, dienen als Grundlage für die Beantwortung der Forschungsfragen zu statischen und animierten Karten.

Für eine Diskussion über Erreichbarkeit und Reisezeit werden zudem Karten basierend auf der Erreichbarkeit generiert.

4 EVALUATIONSMETHODIK

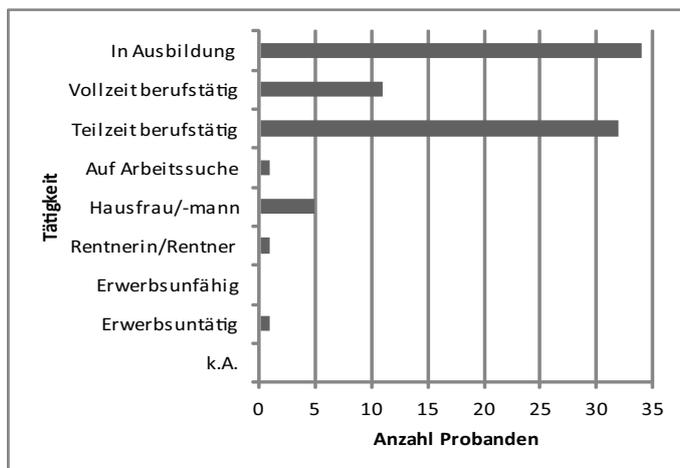
Die Evaluationsmethodik beschreibt die Art des Experiments zur Verifizierung der Hypothesen bezüglich Effizienz und Effektivität. Dazu werden relevante Details der Empirie erläutert und der Aufbau des Experimentdesigns dargelegt. Da diese Studie mit Probanden durchgeführt wird, werden ethische Bedenken beachtet und bestmöglich minimiert (Martin, 2008). Aufgrund der Checkliste der Ethik Kommission der Philosophischen Fakultät der Universität Zürich (Universität Zürich, 2012) konnten keine kritischen Punkte auf ethische Bedenken eruiert werden. Denselben Schluss liefert die Berücksichtigung der ethischen Richtlinien der *American Psychological Association* (American Psychological Association, 2011).

4.1 Probanden

Die insgesamt 60 Probanden sind aus meinem beruflichen und privaten Umfeld rekrutiert. Sie wurden entweder persönlich angefragt oder per Email oder SMS kontaktiert. Die Probanden können grundsätzlich in drei Gruppen eingeteilt werden: erstens Studienkollegen und Studienkolleginnen, zweitens Mitarbeitende des Geographischen Instituts der Universität Zürich und drittens Freunde und Familie. Die Stichprobe ist also heterogen und umfasst Novizen. Es gibt zwar Probanden mit geografischem Hintergrund, diese verfügen aber mit Ausnahme von einer Person über kein verkehrsplannerisches Hintergrundwissen, weshalb sie keine Experten darstellen. Die gestellten soziodemografischen Fragen basieren unter anderem auf einer Auswahl an Fragen aus dem « Personenfragebogen » und dem « Haushaltfragebogen » des IVT (IVT, 2012).

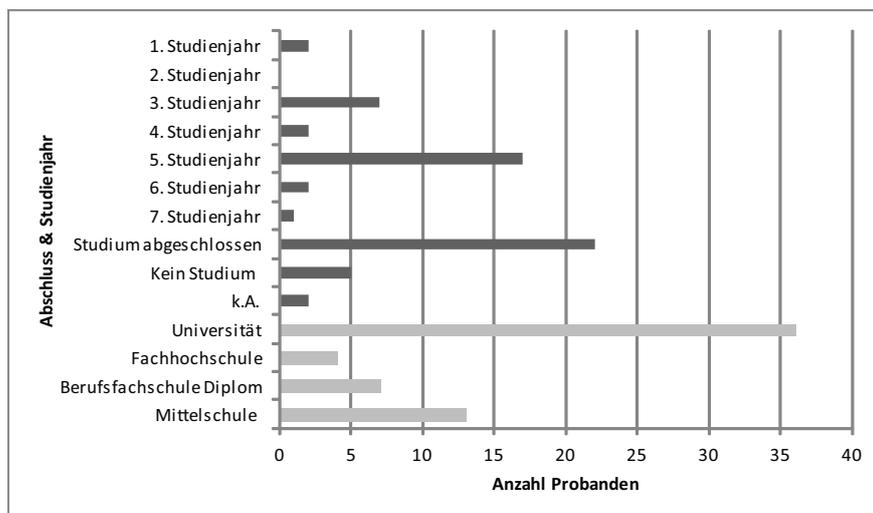
Von den 60 Probanden haben 30 die statischen und 30 die animierten Karten gesehen. An der Umfrage haben 28 Frauen (47%) und 32 Männer (53%) teilgenommen, welche zwischen 20 und 69 Jahre alt sind. Da es sich um eine heterogene Stichprobe mit unterschiedlichem Ausbildungshintergrund handelt, werden die Teilnehmenden nach ihrer Tätigkeit und ihrem Beruf befragt. Bei dieser Frage ist eine Mehrfachantwort möglich. 34 Personen (56.6%) befinden sich in Ausbildung und 32 Personen (53.3%) sind Teilzeit berufstätig. 11 Personen (18.3%) sind Vollzeit berufstätig. Jeweils ein Teilnehmer oder eine Teilnehmerin ist auf Arbeitssuche, Rentnerin/Rentner oder Erwerbsuntätig. Fünf Personen (8.3%) gehen der Beschäftigung Hausfrau/-mann nach (Abbildung 22).

Abbildung 22 Tätigkeit und Beruf



Da viele der Probanden Studierende sind oder einen akademischen Hintergrund aufweisen, werden sie weiter nach ihrem Studienjahr und nach ihrem letzten Ausbildungsabschluss gefragt (Abbildung 23).

Abbildung 23 Studienjahr und Ausbildungsabschluss



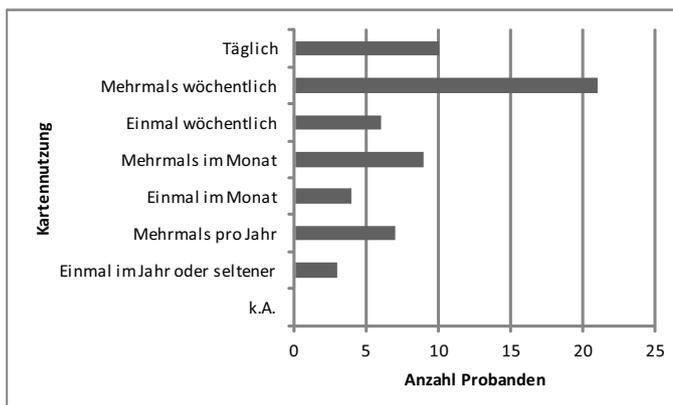
Insgesamt befinden sich 17 der Befragten (28.3%) im 5. Studienjahr und 22 Teilnehmer und Teilnehmerinnen (28.3%) haben ihr Studium bereits abgeschlossen. Jeweils zwei Probanden (3.3%) befinden sich im ersten, vierten oder sechsten Studienjahr. Sieben Personen (11.7%) studieren im dritten Studienjahr und eine Person im siebten Jahr. Fünf Personen haben kein Studium abgeschlossen und zwei Personen haben keine Angabe zum Studium gemacht. Daraus resultiert, dass 60% (36 Personen) aller Teilnehmer und Teilnehmerinnen einen universitären Abschluss besitzen. Niemand hat die Primar-, Ober-, Real- oder Sekundarschule als letzten Abschluss angegeben, ebenso hat nie-

mand von der Möglichkeit keine Angabe Gebrauch gemacht. Die Grafik zeigt deshalb nur die Kategorien Universitäts- (36 Abschlüsse), Fachhochschul- (4 Abschlüsse), Berufsfachschul- (7 Abschlüsse) und Mittelschulabschluss (13 Abschlüsse).

Bei der Frage nach dem Ausbildungshintergrund der Probanden haben 34 Personen angegeben, dass sie einen geografischen Hintergrund aufweisen (56.6%). Nur jemand hat auch einen verkehrsplanerischen Hintergrund angegeben. Die übrigen Teilnehmer und Teilnehmerinnen (43.4%) sind keine Geografen und Geografinnen.

Da es sich beim Stimuli Design unter anderem um Karten handelt werden die Teilnehmer und Teilnehmerinnen nach ihrem Umgang mit Karten befragt. Die Mehrheit der Probanden nutzt Karten im Alltag mehrmals wöchentlich, 21 Probanden (35%) oder gar täglich, zehn Probanden (16.6%) (Abbildung 24). Die Karten werden von sechs Probanden (10%) einmal wöchentlich, von neun (15%) mehrmals im Monat, von vier (6.7%) einmal im Monat, von sieben (11.7%) mehrmals pro Jahr und von nur gerade mal drei Personen (5%) einmal im Jahr oder seltener benutzt. Der Kontakt mit Karten ist den meisten vertraut.

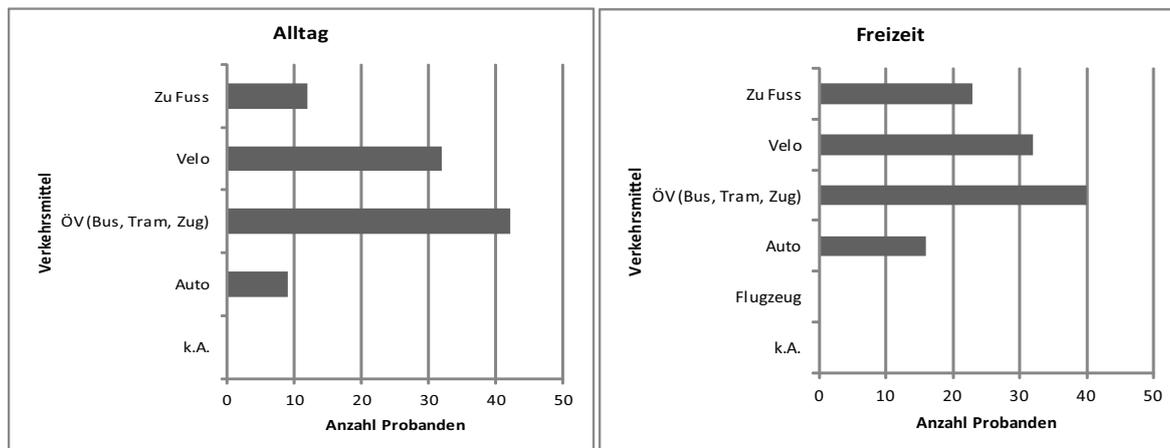
Abbildung 24 Kartennutzung im Alltag



Zusätzlich werden Fragen zur Verkehrsmittelwahl, zum Wohnort, zum Abonnementbesitz und zur durchschnittlich zurückgelegten Strecke im Alltag und in der Freizeit gestellt um einen Eindruck über das Verkehrsverhalten der Probanden zu erhalten. Zudem soll dadurch klar werden, ob die Reisezeit in der Schweiz von der Probandengruppe abgeschätzt werden kann oder nicht. Da es sich beim Stimuli Design inhaltlich um eine verkehrsplanerische Thematik handelt ist es möglich, dass Probanden, welche häufig unterwegs sind und verschiedene Verkehrsmittel nutzen, einen Vorteil bei der Beantwortung der Fragen haben.

Die erste Frage gilt der Wahl und Art des Verkehrsmittels im Alltag so wie in der Freizeit. Bei der Wahl des Verkehrsmittels ist eine Mehrfachantwort von maximal zwei Antworten möglich. Wie aus Abbildung 25 ersichtlich wird, benutzt die Mehrheit der Befragten sowohl im Alltag wie auch in der Freizeit den ÖV und das Fahrrad am häufigsten.

Abbildung 25 Verkehrsmittelwahl im Alltag und in der Freizeit



Insgesamt haben 70% (42 Probanden) den ÖV im Alltag und 66.7% (40 Probanden) in der Freizeit als meist genutztes Verkehrsmittel angegeben. Das Fahrrad macht sowohl im Alltag als auch in der Freizeit 53.3% (32 Probanden) aus. Im Alltag gehen 20% (12 Probanden) auch zu Fuss zur Arbeit oder Ausbildung, in der Freizeit sind 38.3% (23 Probanden) zu Fuss unterwegs. Das Auto wird im Alltag von 15% (9 Probanden) genutzt, in der Freizeit von 26.7% (16 Probanden). Eine anschließende Frage nach der Häufigkeit der Benutzung der Verkehrsmittel zeigt, dass alle Probanden die angegebenen Verkehrsmittel mehrmals täglich, täglich oder zumindest mehrmals wöchentlich benutzen (Tabelle 6).

Tabelle 6 Häufigkeit Verkehrsmittelbenutzung

	Mehrmals Täglich	Täglich	Mehrmals wöchentlich	Wöchentlich	Mehrmals im Monat
Alltag	41	15	4	0	–
Freizeit	–	33	22	0	5

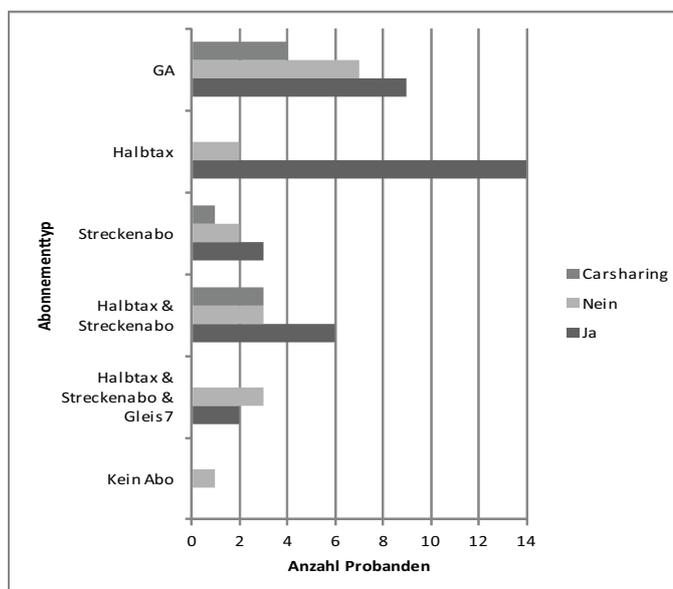
Die Probanden können für die Häufigkeit der Verkehrsmittelbenutzung im Alltag nur zwischen den ersten vier Antwortkategorien wählen, da davon ausgegangen wird, dass ein Verkehrsmittel im Alltag mindestens wöchentlich benutzt wird. Die Auswertung der Frage zeigt, dass Verkehrsmittel im Alltag generell mehrmals täglich, von 41 Probanden (68.3%), genutzt werden. Täglich wird das Verkehrsmittel im Alltag von 15 Personen (25%) benutzt und nur gerade 4 Personen (6.7%) sind nur mehrmals wöchentlich unterwegs. In der Freizeit hingegen sind die Probanden generell täglich, 33 Personen (55%), unterwegs. Mehrmals wöchentlich benutzen 22 Personen (36.7%) ein Verkehrsmittel und lediglich 5 Personen (8.3%) nur mehrmals im Monat.

Die Verkehrsmittel können im Alltag und in der Freizeit über unterschiedliche Distanzen benutzt werden. Daher werden die Probanden einerseits nach dem Wohnort gefragt, in dem sie mehrheitlich aufgewachsen sind, und andererseits nach der durchschnittlich täglich zurückgelegten Kilometerzahl. 53 der 60 Befragten (88.3%) sind in einer Ortschaft in der Deutschschweiz aufgewachsen. Von den sieben übrigen Teilnehmern sind zwei in der Südschweiz (3.3%) und fünf im Ausland aufgewachsen (8.3%).

Um zu eruieren, ob die Teilnehmer und Teilnehmerinnen der Umfrage sich viel fortbewegen, und tendenziell ein Gefühl für Reisezeiten haben, werden sie nach ihrer durchschnittlich absolvierten Kilometerzahl an einem Wochentag (z.B. Distanz zu Arbeits- oder Ausbildungsort) und in den Freizeit (z.B. Hin- und Rückreise der letzten Ferien) befragt. Die angegebene Kilometerzahl im Alltag variiert von 2 km bis 200 km und in der Freizeit von 120 km bis 40 000 km.

Abschliessend werden die Probanden gefragt, welches Abonnement sie für den ÖV besitzen und ob sie über ein Auto verfügen. Bei der Frage zum Abonnementsbesitz ist eine Mehrfachantwort möglich. Über 50% der Probanden (34 von 60) steht ein Auto zur Verfügung und acht Probanden (13.3%) nutzen ein Carsharing-Angebot. In Abbildung 26 ist die Verfügbarkeit des Autos und der Besitz eines Abonnements für den ÖV gekoppelt dargestellt. Dies weil es interessant ist herauszufinden, wie oft beispielsweise ein Halbtax-Abonnement in Kombination mit einem Auto den Probanden zur Benutzung bereit steht. Es ist interessant zu wissen wie viele der Probanden den ÖV und den MIV nutzen. Vor allem weil das Halbtax-Abonnement in der Schweiz weit verbreitet ist. Gemäss BFS (2010) besitzen etwa 30% der Schweizer Bevölkerung ein Halbtax-Abonnement und etwa 7% ein Generalabonnement.

Abbildung 26 Abonnement für den ÖV und PW-Verfügbarkeit



Von den insgesamt 60 Probanden besitzen 14 ein Halbtax-Abonnement (23.3%) und ihnen steht zusätzlich ein Auto zur Verfügung. Von den 60 Teilnehmern besitzen insgesamt 20 ein Generalabonnement (33.3%) und 33 ein Halbtax-Abonnement (55%). Von den insgesamt 20 Generalabonnementbesitzern und -besitzerinnen haben neun Zugang zu einem Auto (15%) und vier nutzen ein Carsharing-Angebot (6.7%). 33 Personen besitzen ein Halbtax-Abonnement wovon sechs zusätzlich (10%) noch ein Streckenabonnement und zwei zusätzlich ein Streckenabonnement und ein Gleis 7 (3.3%) besitzen. Nur gerade eine Person besitzt kein Abonnement, wobei diese Person auch nicht über ein Auto oder Carsharing verfügt. Nebst den soziodemografischen Fragen zu den Probanden wird ein Experiment zur eigentlichen Evaluierung der statischen und animierten Stimuli erzeugt.

4.2 Experiment Design

Die Erzeugung des Stimuli Designs, welches für die Evaluation gebraucht wird, ist bereits in der Methodik der Datenanalyse dokumentiert. Für das Experiment Design wird das Stimuli Design des MIV für die Jahre 1950 – 2000 verwendet.

Das Experiment ist ein kontrolliertes Probandenexperiment, wobei die Beziehung zwischen dem Verhalten der Probanden und den manipulierten Umständen des Experiments von Interesse sind (Martin, 2008). Der Hauptvorteil eines Experiments ist, dass kausale Aussagen über das Verhalten in Anbetracht von manipulierten Gegebenheiten gemacht werden können (Martin, 2008). Das Experiment ist kontrolliert, weil allen Probanden die gleichen Umstände beim Ausfüllen der Fragen ermöglicht werden und ich beim Experiment jeweils anwesend bin. Das Experiment wird über einen Onlinefragebogen aufgebaut, so dass die Probanden jeweils die gleichen Instruktionen erhalten und das Experiment unter gleichen Bedingungen durchführen. Ein Vorteil eines Onlinefragebogens ist zudem, dass die Antworten der Probanden automatisch aufgezeichnet werden. Ein Nachteil einer Onlineumfrage ist, dass die Rücklaufquote meist relativ tief ist (Martin, 2008). Da der Fragebogen aber nicht elektronisch verschickt wird, ist dieser Nachteil hinfällig. Es handelt sich bei diesem Experiment also um eine Kombination eines kontrollierten und webbasierten Testverfahrens.

Es gibt verschiedene Arten ein Experimentdesign aufzubauen. Dabei hat jede Designart seine Vor- und Nachteile. Das Experiment Design bezüglich des Kartentyps wird als *between-subject* Design gestaltet. Die Fragetypen hingegen werden als *within-subject* Design aufgebaut. Das heisst es resultiert ein 2×3 *mixed factorial* Design (Field, 2011). Bevor näher auf das Design eingegangen wird, werden erst die dazu benötigten Variablen erläutert.

4.2.1 Variablen

Ein Experiment dient dazu, das Verhalten von Probanden in Beziehung zu manipulierten Umständen zu untersuchen. Für eine solche Untersuchung werden unabhängige und abhängige Variablen definiert.

Die unabhängige Variable ist diejenige, die manipuliert wird und unabhängig vom Verhalten des Probanden ist (Martin, 2008). Die abhängige Variable wird vom Experimentdesigner manipu-

liert. Im vorliegenden Experiment umfasst die unabhängige Variable zwei Levels. Die manipulierten Levels bestehen aus den beiden Repräsentationsarten. Es wird also untersucht, ob die statischen und animierten Karten das Verhalten der Probanden beeinflussen. Zur Untersuchung des Verhaltens wird eine abhängige Variable gebraucht.

Die abhängige Variable ist das was in einem Experiment gemessen wird. Diese Variable ist abhängig vom Verhalten und den Antworten der Probanden. Dieses Verhalten wiederum wird durch die Manipulation der unabhängigen Variablen beeinflusst (Martin, 2008). Die abhängige Variable in diesem Experiment ist die Antwortgenauigkeit der Probanden und die benötigte Antwortzeit. Der Onlinefragebogen zeichnet dabei automatisch die Antworten der Probanden und die Zeit, die sie zur Beantwortung einer Frage benötigen, auf. Weiter wird noch das Vertrauen der Probanden in ihre eigenen Antworten als abhängige Variable untersucht. Dazu werden die Probanden bei ausgewählten Fragen gefragt, wie sicher sie sich ihrer Antwort sind.

Neben der unabhängigen und der abhängigen Variable gibt es noch weitere Variablen, zum Beispiel die beeinflussende Variable. Die beeinflussende Variable bezeichnet versteckte Gegebenheiten, welche vom Experimentierer nicht berücksichtigt werden können (Martin, 2008). Das bedeutet, dass äussere Einflüsse, wie beispielsweise der Abstand vom Bildschirm zum Probanden, die Raumtemperatur oder die Lichtverhältnisse in einem Raum gleich bleiben sollen. Generell sollte nach Möglichkeit alles ausser der unabhängigen Variablen konstant bleiben.

4.2.2 Between-subject Design

Die Evaluation des Kartentyps wird als *between-subject* Design durchgeführt, wobei den Teilnehmenden jeweils nur ein Level (statisch versus animiert) der unabhängigen Variable gezeigt wird (Martin, 2008). Das *between-subject* Design hat den Vorteil, dass die Probanden ein kürzeres Experiment absolvieren können und dadurch negative Einflüsse, wie beispielsweise das Auftreten von Müdigkeit oder Lustlosigkeit, verringert werden können (Martin, 2008). Zudem ist es möglich, innerhalb kürzerer Zeit mehr Fragen zu einem Level zu stellen. Ausserdem kann beim *between-subject* Design der Lerneffekt auf ein Minimum reduziert werden, da die Probanden jeweils nur eine der unabhängigen Variablen zu sehen bekommen.

Ein grosser Nachteil dieses Experiments ist, dass sich die zwei Gruppen, die jeweils ein Level testen, unterscheiden können und somit ein möglicher *bias* beim Antwortverhalten der Probanden die Folge sein kann (vergleiche Kapitel 2.3). Da es sich bei den Probanden insgesamt um eine sehr heterogene Gruppe handelt, wird davon ausgegangen, dass dieser Nachteil vernachlässigt werden kann. Die heterogenen Gruppen werden sich auf die zwei Levels der unabhängigen Variable zufällig verteilen. Ein weiterer Nachteil ist, dass mehr Probanden benötigt werden, da jeweils nur die Hälfte der gesamten Probandenanzahl ein Level der unabhängigen Variablen testet (siehe Tabelle 1). Dieser Nachteil wird durch eine intensive Rekrutierung vermindert.

Zur Durchführung des *between-subject* Designs werden die Probanden also in zwei Gruppen eingeteilt. Die eine Gruppe wird mit dem Stimuli Design der statischen Karten konfrontiert und die andere mit jenem der animierten Karten. Der Entscheid, ob eine Person zu statischen oder animier-

ten Karten befragt wird erfolgt durch eine definierte Randomisierung. Wichtig dabei ist, dass zum Schluss die gleiche Anzahl Personen die statischen wie die animierten Karten zur Beantwortung erhalten. Die Fragen und der Ablauf zu den zwei verschiedenen Repräsentationen sind identisch.

4.2.3 Evaluationsfragen

Zur Untersuchung des Einflusses der unabhängigen Variablen auf die abhängigen Variablen werden so genannte Evaluationsfragen entwickelt. Diese Fragen sind dieselben für beide Ausprägungen der unabhängigen Variablen. Daher handelt es sich hierbei um ein *within-subject* Design. Das Verhalten der Probanden wird also basierend auf den gleichen Fragen untersucht. Die Evaluationsfragen gehen aus einem bestimmten Schema hervor, welches nun genauer erläutert wird.

Bei der Untersuchung von grafischen Bildern hat Bertin (1974) die « Regeln des Graphischen Systems » festgelegt. Dazu hat er den Leseprozess detailliert beschrieben, die Kennzeichnung und Konstruktion des grafischen Bildes festgelegt sowie die Grenzen dazu aufgezeigt. Dabei steht das Ziel der Erstellung eines prägnanten Bildes im Fokus (Bertin, 1974). Zudem hat er zu eben dieser Theorie des Graphischen Bildes die so genannten Stufen des Erfassens, also die möglichen Fragen, welche gestellt werden können, definiert (Bertin, 1974, S.18):

« Zu einer Information gibt es genau so viele Typen von Fragen wie Komponenten.
Zu jedem Typ gibt es 3 Stufen des Erfassens: die elementare, die mittlere und die Stufe der Gesamterfassung.
Jede Frage kann durch ihren Typ und durch ihre Stufe gekennzeichnet werden. »

Es gibt drei Stufen des Erfassens: die elementare, die mittlere und die obere Stufe. Die elementare Stufe umfasst ein einziges Element. Basierend auf einer Schweizer Karte kann beispielsweise gefragt werden, wo sich Zürich befindet. Der zugehörige Fragetyp ist somit « *Wo?* ». Die mittlere Stufe umfasst eine Gruppe von Elementen. Als Beispiel könnte innerhalb dieser Stufe gefragt werden, wann die Reisezeit in einer Region am kürzesten war. Der zugehörige Fragetyp ist bei der mittleren Stufe « *Wann?* ». Die letzte Stufe des Erfassens ist die obere Stufe. Sie ergibt sich aus den Komponenten des Ganzen. Beispielsweise kann innerhalb der oberen Stufe gefragt werden, wie sich die Reisezeit von Bern nach Zürich von 1950 bis 2000 verändert hat. Es wird also nach einer Tendenz gefragt. Der zugehörige Fragetyp ist bei der oberen Stufe « *Wie?* ».

Ergänzend zu den Regeln des Graphischen Systems nach Bertin (1974) ordnet Sinton (1978) im Rahmen von Datengeneralisierungen, geografischen Daten drei Komponenten zu: Raum, Zeit und Attribut. Anhand einer Kombination von den drei Stufen des Erfassens und diesen drei Komponenten werden die Evaluationsfragen hergeleitet (Tabelle 7).

Tabelle 7 Herleitung Evaluationsfragen

Nr	Fragetyp	Stufe	Konstant	Variiert	Gemessen
1	Wo	elementare	Zeit	Attribut	Raum
2	Wie	obere	Raum	Zeit	Attribut
3	Wo	mittlere	Zeit	Attribut	Raum
4	Wann	mittlere	Raum	Attribut	Zeit
5	Wann	mittlere	Raum	Attribut	Zeit
6	Wie	obere	Raum	Zeit	Attribut

Quelle: Nach Bertin (1974) und Sinton (1978)

Wenn man die drei Komponenten Raum, Zeit und Attribut in einer Frage kombiniert, ergeben sich sechs mögliche Kombinationen von Fragetypen. Dabei wird jeweils eine Komponente konstant gehalten, eine variiert und eine gemessen (Sinton, 1978). Aus diesen sechs Kombinationen können nun Evaluationsfragen formuliert werden. Es werden hier lediglich drei der sechs Kombinationen angewandt (siehe Tabelle 7), so dass je gemessener Komponente jeweils zwei Fragen mit gleichen konstanten und variierten Komponenten bestehen. Dieses Vorgehen wird so gewählt, weil bei der anschliessenden statistischen Analyse die gemessenen Komponenten untersucht werden und es daher sinnvoll ist, wenn sie mit mindestens zwei Fragen und somit zwei möglichen Antworten abgedeckt sind. Die Komponententypen werden in dieser Arbeit in der statistischen Analyse als Fragetypen bezeichnet.

Dabei ist zu beachten, dass der Raum für den Ort steht, welcher hier den Regionen entspricht. Das Attribut kommt der Reisezeit gleich und die Zeit dem Jahr.

Aus Tabelle 7 lassen sich sechs Evaluationsfragen zugehörig zu drei Komponenten-, respektive Fragetypen, ableiten:

1. In welcher Region ist die Veränderung der Reisezeit am grössten?
 - elementare Stufe, da nach einem Element gefragt wird
 - Komponententyp Raum, da der Fragetyp *Wo* ist
2. Wie hat sich die Reisezeit in der Region 1 verändert?
 - obere Stufe, da nach einer Tendenz gefragt wird
 - Komponententyp Attribut, da der Fragetyp *Wie* ist
3. Wo hat sich die Reisezeit von 1980 – 2000 am deutlichsten verlängert?
 - mittlere Stufe, da nach einer Gruppe von Elementen gefragt wird
 - Komponententyp Raum, da der Fragetyp *Wo* ist
4. Wann war die Reisezeit in Region 2 am kürzesten?
 - mittlere Stufe, da nach einer Gruppe von Elementen gefragt wird
 - Komponententyp Zeit, da der Fragetyp *Wann* ist

5. Wie lange hat es gedauert bis in Region 3 eine Veränderung der Reisezeit festzustellen ist?

- mittlere Stufe, da nach einer Gruppe von Elementen gefragt wird
- Komponententyp Zeit, da der Fragetyp *Wann* (*Wann ist eine Veränderung festzustellen*) ist

6. Wie hat sich die Reisezeit über die gesamte Zeit entwickelt?

- obere Stufe, da nach einer Tendenz gefragt wird
- Komponententyp Attribut, da der Fragetyp *Wie* ist

Die Evaluationsfragen basieren also auf einem differenzierten System, welches eine Abgrenzung zu weiteren Fragen erlaubt. Pro Frage bestehen mindestens zwei bis maximal sechs Antwortmöglichkeiten. Dabei gibt es immer nur eine korrekte Antwort.

Im Folgenden werden die Arbeitshypothesen zu den Evaluationsfragen formuliert, welche anhand der empirischen Studie verifiziert werden. Es gibt drei Typen von Arbeitshypothesen, welche aufgrund der abhängigen Variablen definiert werden. Die abhängige Variable umfasst die benötigte Antwortzeit und die Korrektheit der Antworten. Zusätzlich wird bei drei der sechs Evaluationsfragen das Vertrauen der Probanden in ihre Antwort untersucht.

Arbeitshypothese benötigte Antwortzeit:

H_0 : Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat keinen Einfluss auf die benötigte Zeit für die Entscheidungen.

H_A : Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat einen Einfluss auf die benötigte Zeit für die Entscheidungen.

Arbeitshypothese Antwortgenauigkeit:

H_0 : Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat keinen Einfluss auf die Korrektheit der Entscheidungen.

H_A : Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat einen Einfluss auf die Korrektheit der Entscheidungen.

Arbeitshypothese Vertrauen in die Antworten:

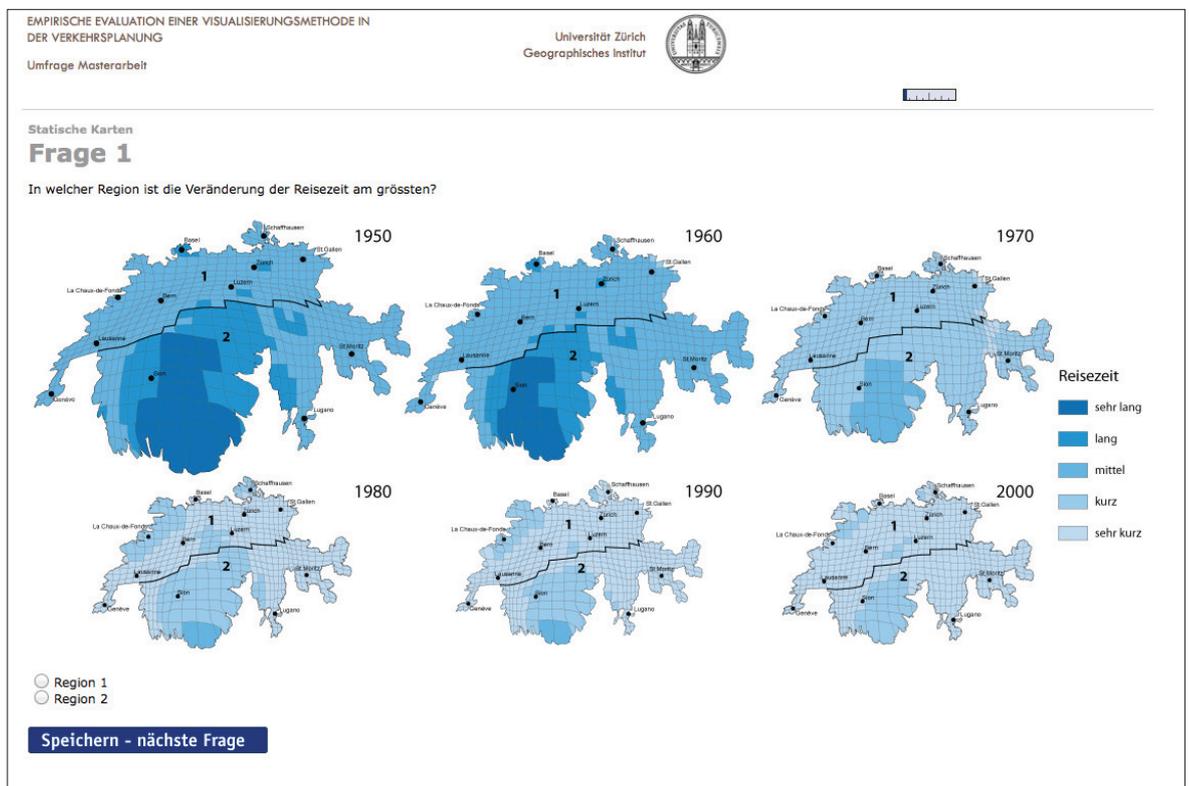
H_0 : Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat keinen Einfluss auf die Antwortsicherheit der Entscheidungsfindung der Probanden.

H_A : Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat einen Einfluss auf die Antwortsicherheit der Entscheidungsfindung der Probanden.

4.2.4 Material

Die empirische Evaluation dieser Arbeit wird mit einem MacBook Pro (Bildschirmdiagonale 13“) mit einer räumlichen Auflösung von 1280 x 800 Pixeln durchgeführt. Dazu wird eine Farbtiefe von 8 Bit verwendet. Die Umfrage wird über den Internetbrowser geöffnet, da es sich um eine webbasierte Umfrage handelt, welche über onlineumfragen.com (onlineumfragen.com, 2012) erfasst wird. Das Einwilligungsformular wird in gedruckter Form vorgelegt (Einwilligungsformular Anhang 2). Das verwendete Stimuli Design ist in Abbildung 27 beispielhaft anhand einer der Evaluationsfragen angefügt.

Abbildung 27 Stimulus Beispiel für den statischen Kartentyp



Zusätzlich wird eine Maus als Hilfsmittel zur Verfügung gestellt. Die Bewegungen der Maus werden mittels der Software *Silverback* (Clearleft Ltd, 2012) aufgezeichnet.

4.3 Durchführung

Für die Umfrage wird jeweils ein persönlicher Termin mit den Probanden in den ersten zwei Juni Wochen 2012 vereinbart. Die Durchführung der Studie findet mehrheitlich am Geographischen Institut der Universität Zürich statt. Die übrigen Umfragen werden an einem für die Probanden ähnlich idealen Ort durchgeführt.

Die Umfrage folgt einem strukturierten Ablauf: nach der Begrüssung der Probanden und dem Bedanken, dass sie sich die Zeit nehmen, werden die Probanden als erstes gebeten das Teilnehmerinformations- und Einwilligungsformular durchzulesen und zu unterzeichnen. Anschliessend wird der Computer so vor ihnen installiert, dass sie bequem sitzen und gut auf den Bildschirm sehen können. Die Helligkeit des Bildschirms wird so angepasst, dass die Probanden sie angenehm empfinden und die Maus so positioniert, dass sie gut von den Probanden bedient werden kann. Gleichzeitig wird auch das Programm *Silverback* zur Aufzeichnung der Mausbewegungen gestartet.

Bevor die Probanden die Umfrage starten, werden sie nochmals gefragt, ob sie bequem sitzen und werden darauf aufmerksam gemacht, dass ihnen die Maus zur Verfügung steht und sie sich bei Fragen jederzeit an mich wenden können. Nach Beendigung der Umfrage wird den Probanden erneut für ihre Zeit und ihr Engagement gedankt. Es wird ihnen zudem die Möglichkeit gegeben, allfällige Fragen zu stellen oder bei Bedarf eine mündliche Rückmeldung abzugeben.

4.3.1 Pretest

Bevor die Umfrage mit den Probanden durchgeführt wird, findet ein Pretest mit sechs Personen statt. Die Probanden des Pretests verfügen alle über ein geografisches Wissen und zwei der sechs Probanden haben zusätzlich einen verkehrsplanerischen Hintergrund. Die Rekrutierung der Pretest-Probanden wird absichtlich so gewählt, da das Ziel des Pretests eine Überprüfung der Umfrage in zwei Hinsichten ist. Erstens soll die Umfrage auf Fehler in den Abbildungen und Unklarheiten in Text und Abbildung kontrolliert werden. Zweitens werden die Probanden gebeten, die Logik der Umfrage als Ganzes auf Unstimmigkeiten zu prüfen. Anhand des Pretests wird auch die Funktionalität der webbasierten Umfrage getestet, wobei festgestellt wird, dass sie einwandfrei läuft. Die Abbildungen werden als lesbar und die Geschwindigkeit der Animation als angenehm erachtet.

Mit den Probanden wird anschliessend in einem persönlichen Gespräch auch diskutiert, ob die Umfrage zu einfach oder zu schwierig erscheine und ob allenfalls offensichtliche Antworten vorhanden seien oder ein so genannter *learning bias* resultieren könne. Da keines der Probleme identifiziert werden kann, wird die Umfrage nach ein paar kleinen Korrekturen gestartet.

4.3.2 Experiment

Das Experiment wird jeweils mit jedem Teilnehmer und jeder Teilnehmerin individuell durchgeführt. Für jeden Probanden werden 30 Minuten eingeplant, wobei das eigentliche Experiment nur 20 Minuten in Anspruch nimmt. Die zusätzlichen 10 Minuten sind für die Begrüssung, das Durchlesen und Unterzeichnen der Einwilligung sowie für allfällige persönliche Rückmeldungen eingeplant. Das vollständige Experiment ist in Anhang 3 zu finden.

Der detaillierte Ablauf des eigentlichen Experiments umfasst, wie bereits eingeführt, als erstes eine Begrüssung und erklärende Einleitung. Dabei wird den Probanden der Sachverhalt erklärt und einige zentrale Bemerkungen gemacht. Beispielsweise wird darauf hingewiesen, dass je grösser die Fläche ist, desto langsamer die Reisezeit ist. Anschliessend an die allgemeine Einleitung wird anhand eines Zufallsalgorithmus entschieden, ob den Probanden die statischen oder animierten Karten gezeigt werden. Dieses Verfahren wird den Probanden in einem Hinweis auf dem Computer erklärt.

Zusätzlich enthält dieser Hinweis weitere wichtige Anmerkungen zu den statischen oder zu den animierten Karten. Nachdem die Probanden auch diesen Text aufmerksam durchgelesen haben, erhalten sie eine Beispielfrage. Anschliessend an die Beispielfrage folgt erneut ein Hinweis, welcher den Probanden die Möglichkeit gibt, Unklarheiten mit Fragen an die Experimentierstellerin zu beheben. Dann starten die sechs Evaluationsfragen (Beispiel in Abbildung 27).

Nach jeder Evaluationsfrage wird eine Zusatzfrage gestellt. Die Zusatzfrage fragt entweder nach visuellen Variablen, welche den Probanden helfen die Evaluationsfrage zu beantworten, oder nach dem Vertrauen in die gegebene Antwort.

Nach den sechs Evaluationsfragen so wie ihren jeweiligen Zusatzfragen erhalten die Probanden den Hinweis, dass nun Fragen zu ihrer Person gestellt werden. Die soziodemografischen Fragen werden mit Absicht nicht zu Beginn gestellt, damit sich die Probanden auf die Evaluationsfragen fokussieren und nicht abgelenkt werden. Die soziodemografischen Fragen umfassen unter anderem das Geschlecht, das Alter, den Ausbildungshintergrund sowie weitere Fragen (vergleiche dazu Kapitel 4.1 Probanden und Anhang 3). Dieser Teil wird mit einem offenen Textfeld für Rückmeldungen und Kommentare abgeschlossen. Zum Schluss wird den Probanden für ihren Einsatz gedankt und sie werden auf das Angebot hingewiesen, dass ihnen diese Arbeit wenn gewünscht, zur Verfügung gestellt wird.

Die Antworten auf die Evaluationsfragen und die damit verbundenen Antwortzeiten dienen nun als Grundlage für statistische Auswertungen. Bei der Auswertung des Experiments geht es primär darum herauszufinden, was für einen Effekt die unabhängige Variable auf die abhängige Variable hat (Martin, 2008). Konkret heisst dies, dass untersucht wird, was für einen Einfluss die statischen und animierten Karten auf die Antwortzeiten und die Korrektheit der Antworten haben. Damit die Fragen ausgewertet werden können muss ein Teil von ihnen codiert werden.

4.3.3 Codierung

Nach der Probandenbefragung wird die Umfrage auf onlineumfragen.com geschlossen. Die erfassten Antworten werden anschliessend exportiert und teilweise in *Excel* für die statistische Analyse in *SPSS* codiert.

Relevant für die statistischen Tests sind die Antwortzeit und die Antwortgenauigkeit. Die Antwortzeit ist in Sekunden aufgezeichnet. Die Antworten zur Genauigkeit sind entweder richtig oder falsch, wobei richtig als 1 und falsch als 0 codiert wird. Die Zusatzfrage nach den visuellen Variablen umfasst die Antwortmöglichkeiten Grösse, Farbe, Verzerrung/Form oder eine Kombination dieser Variablen. Die Grösse wird bei der Codierung als 1 angegeben, die Farbe als 2, die Verzerrung/Form erhält die 3 und alle möglichen Kombinationen werden mit 4 codiert. Die zweite Zusatzfrage nach dem Vertrauen in die gegebenen Antworten wird wie folgt codiert: sehr sicher = 1, sicher = 2, neutral = 3, unsicher = 4, sehr unsicher = 5. Männliche Personen werden gleich 1 gesetzt, weibliche Probandinnen gleich 2. Der Ausbildungshintergrund wird mit geografisch gleich 1 und nicht geografisch gleich 2 codiert (Tabelle 8).

Tabelle 8 Variablen Codierung

Variable	Antworten	Code
Antwortgenauigkeit	richtig	1
	falsch	0
Zusatzfrage visuelle Variable	Grösse	1
	Farbe	2
	Verzerrung/Form	3
	Kombination	4
Zusatzfrage Vertrauen in die Antwort	sehr sicher	1
	sicher	2
	neutral	3
	unsicher	4
	sehr unsicher	5
Geschlecht	männlich	1
	weiblich	2
Ausbildungshintergrund	geografisch	1
	nicht geografisch	2

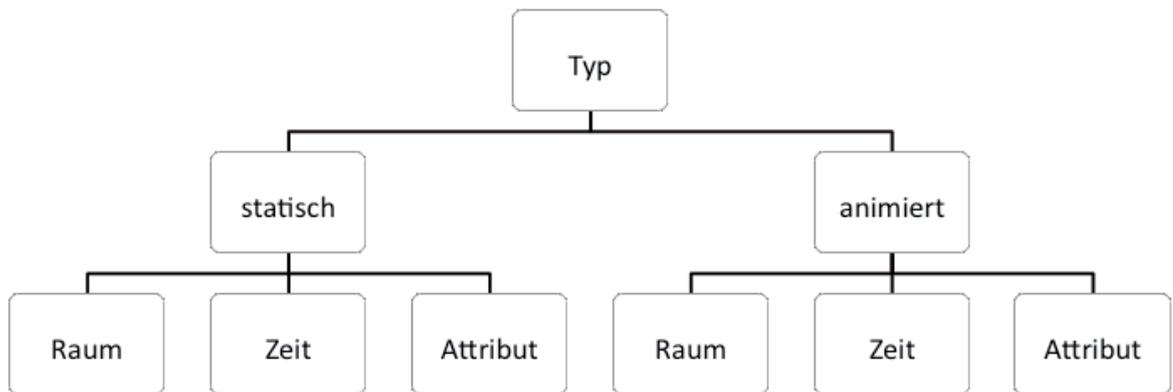
4.4 Analysemethode

Ein geeignetes Verfahren zur Überprüfung ob eine unabhängige Variable einen Einfluss auf die abhängige Variable hat, ist das der Varianzanalyse (Backhaus et al., 2008). Die unabhängige Variable kann nominal skaliert sein, für die abhängige Variablen hingegen wird ein metrisches Skalenniveau verlangt (Backhaus et. al, 2008). Die abhängige Variable umfasst die Antwortzeit und die Antwortgenauigkeit, welche nach der Codierung beide ein metrisches Skalenniveau aufweisen. Zusätzlich wird das Vertrauen in die gegebenen Antworten untersucht, welches nach der Codierung ebenfalls intervall skaliert ist.

Die gesamte Analyse wird auf einem sogenannten *mixed factorial* Design aufgebaut (Field, 2011). Denn das Experiment beziehungsweise die Karten sind als *between-subject* Design anhand der statischen und animierten Stimuli aufgebaut und die Evaluationsfragen als *within-subject* Design. Die Kartentypen umfassen dabei zwei Ebenen, die der statischen und die der animierten Karten. Die Fragetypen beinhalten drei Ausprägungen: Raum, Zeit und Attribut. Zwei Fragetypen und drei Kartentypen ergeben also ein 2×3 *mixed factorial* Design.

Zur Untersuchung der abhängigen und unabhängigen Variablen sowie in Zusammenhang mit der Herleitung der Evaluationsfragen wird bei der statistischen Analyse also wie folgt vorgegangen (Abbildung 28):

Abbildung 28 Auswertung des *mixed factorial* Design



Die Auswertung des *mixed factorial* Designs erfolgt über ein zweistufiges Verfahren. Zur Analyse der ersten Stufe eignet sich eine *univariate ANOVA*, wobei der Kartentyp untersucht wird. Für die Untersuchung der zweiten Stufe kommt eine *GLM (General Linear Model) repeated measures* zur Anwendung, mit welcher die Fragetypen in Zusammenhang mit den Kartentypen analysiert werden. Aus der *GLM* resultieren verschiedene *SPSS* Outputs, wobei die Tabelle « *Tests of Within-Subjects Effects* » mit der Zeile « *Sphericity Assumed* » betrachtet wird. Die Sphärizität gibt dabei an, inwiefern sich die Varianzen zwischen den gebildeten Gruppen unterscheiden, wobei diese Zeile das exakte Signifikanzlevel von *F* angibt (Field, 2011).

Die Analysen werden für beide abhängigen Variablen gemacht, wobei jeweils erst eine Auswertung zum Kartentyp und anschliessend zum Fragentyp erfolgt. Falls bei einem Fragentyp signifikante Unterschiede hinsichtlich der drei Komponenten resultieren, wird der Fragentyp differenziert auf die darin enthaltenen Evaluationsfragen betrachtet.

5 RESULTATE

Das folgende Kapitel gliedert sich in einen deskriptiven und einen quantitativen Teil. Im ersten Teil werden allgemeine Trends der Daten erläutert und bei den animierten Karten werden zusätzlich die Mausbewegungen analysiert.

Im zweiten Teil folgt die quantitative Auswertung anhand von SPSS zum Hypothesentest. Dazu werden die Antworten der Evaluationsfragen bezüglich der benötigten Zeit und Antwortgenauigkeit ausgewertet.

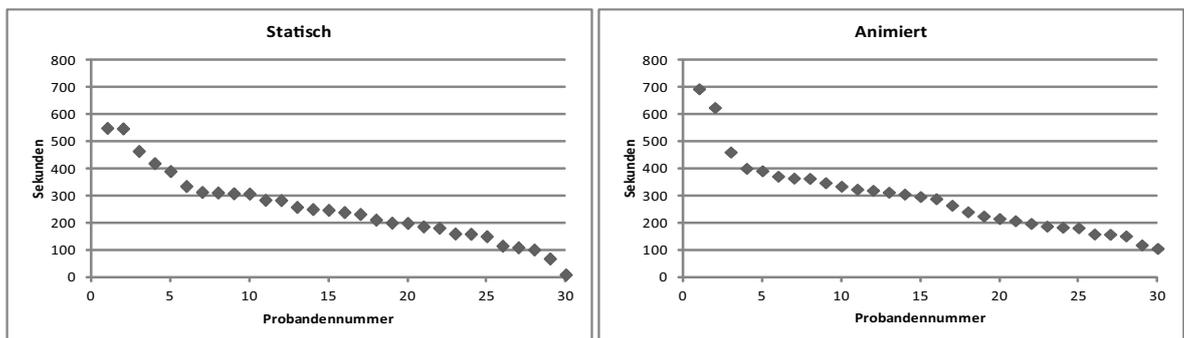
5.1 Deskriptive Statistik

Das Kapitel über die qualitative Statistik ist wie folgt aufgebaut: als erstes wird eine deskriptive Analyse zur benötigten Antwortzeit und Antwortgenauigkeit gegeben. Danach folgt eine genauere Betrachtung der Zusatzfragen zum Vertrauen in die gegebenen Antworten sowie zu den visuellen Variablen. Abschliessend werden die Anzahl Animationsdurchläufe sowie die Mausaktivitäten diskutiert.

Während der Umfrage sind zweimal Probleme mit der Internetverbindung aufgetreten. Die entstehenden fehlerhaften Datenzeilen werden vor dem Export des gesamten Datensatzes gelöscht. Ansonsten sind keine Lücken oder Fehler aufgetreten. Die Auswertung der Resultate wird also mit allen 60 Datenzeilen gemacht.

Abbildung 29 zeigt die summierte, sortierte Antwortzeit, welche die Probanden benötigen, um die statischen und animierten Karten zu lesen und die gestellten Fragen zu beantworten.

Abbildung 29 Summe Antwortzeit statisch und animiert je Proband

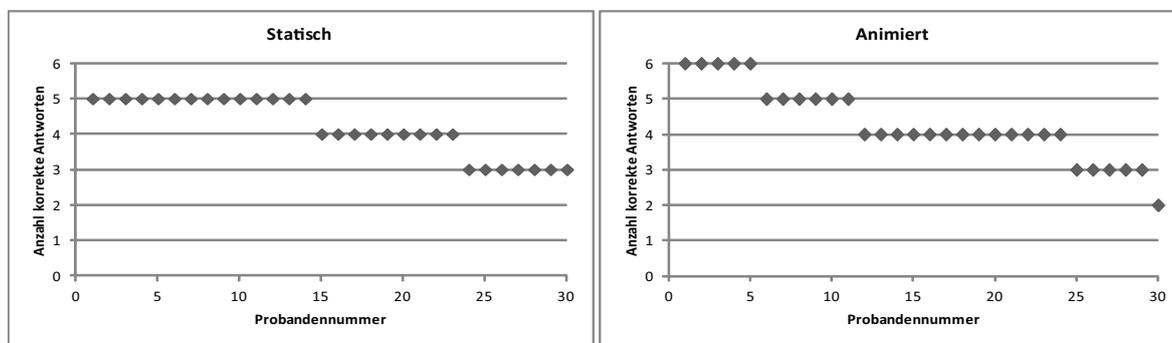


Die Antwortzeiten im Bereich der statischen und der animierten Karten unterscheiden sich nicht wesentlich. Der Unterschied der Antwortzeiten zwischen den einzelnen Probanden bei den stati-

schen Karten ist mit einer minimalen Antwortzeit von 8 Sekunden und einer maximalen Antwortzeit von 548 Sekunden hingegen relativ gross. Eine ähnliche Spannweite weisen die Antwortzeiten der Probanden bei den animierten Karten mit minimal 104 Sekunden und maximal 692 Sekunden auf. Die minimalen Werte bei der Animation sind höher, was dadurch zu erklären ist, dass die Animation in mindestens einem Durchlauf gesehen werden muss, bevor die Frage beantwortet werden kann. Vergleicht man die Antwortzeiten, wird folgendes beobachtet: statisch Minimum < animiert Minimum und statisch Maximum < animiert Maximum.

Damit die Antwortgenauigkeit statistisch ausgewertet werden kann, werden die Antworten von der nominalen Skala (richtig oder falsch) auf eine intervall Skala transformiert und sortiert dargestellt (Abbildung 30).

Abbildung 30 Summe Antwortgenauigkeit statisch und animiert je Proband



Vergleicht man die Antworten zu den statischen Karten mit den Antworten zu den animierten Karten, gibt es mehr richtige Antworten auf die Fragen in den animierten Durchläufen. Bei den statischen Karten beantworten alle Probanden mindestens drei der sechs möglichen Antworten korrekt, wobei die meisten fünf richtige Antworten geben. Bei den animierten Karten gibt eine Person lediglich zwei korrekte Antworten, hingegen beantworten fünf Personen alle Fragen richtig. Weitere Analysen zur Antwortzeit und Antwortgenauigkeit folgen im Kapitel 5.2 anhand von statistischen Tests.

Neben der erfassten Antwortzeit und Antwortgenauigkeit werden Zusatzfragen zum Vertrauen in die gegebenen Antworten und zu den visuellen Variablen gestellt. Die Angaben zur Antwortssicherheit sind in Tabelle 9 zusammengefasst. Die häufigste angegebene Kategorie ist mit Farbe gekennzeichnet.

Tabelle 9 Zusatzfrage Antwortsicherheit

		sehr sicher	sicher	neutral	unsicher	sehr unsicher
Frage 2	animiert	17	13	0	0	0
	statisch	15	10	3	2	0
Frage 4	animiert	4	9	14	3	0
	statisch	8	14	6	2	0
Frage 6	animiert	23	6	1	0	0
	statisch	22	6	2	0	0

Auffallend ist, dass sich niemand sehr unsicher ist und sich nur vereinzelte Personen, vier bei den statischen und drei bei den animierten Karten, unsicher sind. Die Mehrheit ist sich bei den gegebenen Antworten sicher oder sehr sicher. Bei Frage 4 sind sich die Probanden generell weniger sicher, insbesondere bei den animierten Karten.

Bei der Zusatzfrage zu den visuellen Variablen werden Grösse und Farbe am häufigsten genannt (Tabelle 10).

Tabelle 10 Zusatzfrage visuelle Variablen

		Grösse	Farbe	Verzerrung/Form	Kombination
Frage 1	animiert	29	19	16	34
	statisch	9	20	18	17
Frage 3	animiert	14	15	16	15
	statisch	10	15	14	9
Frage 5	animiert	5	25	10	10
	statisch	9	24	7	10

Zu Beginn der Umfrage ist vor allem die Grösse die ausschlaggebende Variable, welche zur Beantwortung der Fragen benutzt wird. Wobei die Farbe im Laufe des Experimentes tendenziell häufiger benutzt wird. Auffallend ist, dass bei der ersten Evaluationsfrage mindestens zwei der drei Kategorien genannt werden und daher die Kombination als Summe (34) hoch ausfällt. Bei der fünften Evaluationsfrage werden fast nur noch einzelne Variablen genannt. Dies kann mit der fortschreitenden Experimentdauer oder der Wiederholung der Frage zusammenhängen. Insgesamt wird vier Mal erwähnt, dass die Beantwortung der Fragen intuitiv gewesen sei, wobei dies zwei Mal bei den statischen Karten bei Evaluationsfrage 3 und zwei Mal bei den animierten Karten bei Evaluationsfrage 5 der Fall ist. Bei Evaluationsfrage 3 wird bei den animierten Karten zudem angegeben, dass das Mouseover oder die Buttons das relevante Hilfsmittel zur Beantwortung der Fragen gewesen sei.

Zusätzlich werden die Probanden im Teil der Soziodemografie gefragt, welche Kartenelemente ihnen bei der Beantwortung der Fragen geholfen haben. Bei den statischen Karten können die Legen-

de und oder die Jahreszahlen angegeben werden, wobei eine Mehrfachantwort möglich ist. Bei den statischen Karten geben 80% (24 Teilnehmende) an, die Legende sei nützlich und 86.7% (26) nennen die Jahreszahlen als Hilfsmittel. Insgesamt geben 22 der 30 Befragten (73.3%) bei den statischen Karten beide Elemente als nützlich an.

Bei den animierten Karten können zusätzlich zu der Legende und den Jahreszahlen noch die Interaktionsbuttons oder das Mouseover als Hilfsmittel angegeben werden. Es ist ebenfalls eine Mehrfachantwort möglich. Von den 30 Probanden, welche die animierten Karten zugewiesen bekommen, geben 26 (86.7%) die Legende, 26 (86.7%) die Jahreszahlen, 14 (46.7%) die Interaktionsbuttons und 21 (70%) das Mouseover als genutzte Kartenelemente an. Lediglich ein Teilnehmer oder eine Teilnehmerin benutzt nur die Legende und kein weiteres Element. Alle Übrigen nutzen mindestens zwei oder mehr der Kartenelemente zur Beantwortung der Fragen. Die Legende wird bei 28 der 30 Probanden (93.3%) genannt und entspricht somit dem häufigsten genutzten Element.

Anhand der Filme, welche die Mausbewegungen aufgezeichnet haben, können folgende Aussagen gemacht werden:

Bei den statischen Karten sind keine interaktiven Elemente vorhanden. Dennoch werden die Aufnahmen kurz gesichtet, um zu überprüfen, ob alle Umfragen korrekt ablaufen. Es sind keine Unstimmigkeiten vorhanden, weshalb alle Datenzeilen verwendet werden. In der Regel sind keine Bewegungen mit der Maus zu verzeichnen, ausser wenn die Probanden auf die Antwort klicken und wenn sie die Maus zur Betrachtung des statischen Stimuli Designs aus dem Bild ziehen. 5 Probanden (16.7%) haben die Maus zur Abtastung der Regionengrenzen, also zur Orientierung, und ein Proband auch als Leseunterstützung genutzt.

Bei den Filmen zu den animierten Karten werden jeweils die Anzahl Animationsdurchläufe je Teilnehmer und Teilnehmerin gezählt. Es wird weiter darauf geachtet, ob das Mouseover benutzt wird oder nicht und wie oft die Interaktionsbuttons betätigt werden. Das Mouseover ist bei den Fragen 2, 3 und 5 aktiv. Die Beobachtungen sind in Tabelle 11 aufgeführt. Die Frage mit den höchsten Werten ist gekennzeichnet.

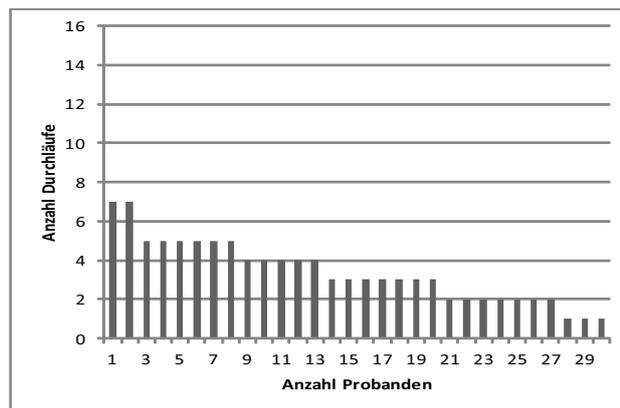
Tabelle 11 Mausbewegungen bei Evaluationsfragen

	Frage 1	Frage 2	Frage 3	Frage 4	Frage 5	Frage 6
Minimum Durchläufe	1	1	1	2	1	1
Maximum Durchläufe	7	6	15	12	10	8
Summe Durchläufe	102	79	94	149	97	101
Mittelwert Durchläufe	3.4	2.6	3.1	4.9	3.2	3.4
Minimum Klicks	0	0	0	0	0	0
Maximum Klicks	10	5	12	15	10	7
Summe Klicks	29	14	34	83	18	17
Mittelwert Klicks	0.9	0.5	1.1	2.8	0.6	0.6
Mouseover	inaktiv	16	28	inaktiv	22	inaktiv

Bei den animierten Karten finden bei allen Evaluationsfragen Mausbewegungen statt. Aus Tabelle 11 geht hervor, dass bei Evaluationsfrage 4 die Animation am häufigsten angeschaut wird (149) und zur Beantwortung der Fragen auch die Buttons am meisten beansprucht werden (83). Auch der Mittelwert der Durchläufe (4.9) und der Klicks (2.8) ist bei Evaluationsfrage 4 am höchsten. Die Animation wird bei Frage 4 minimal zweimal angeschaut und bei allen anderen Fragen wird die Animation im Minimum einmal angeschaut. Das Maximum der Durchläufe (15) ist bei Frage 3 zu verzeichnen, wohingegen das Maximum an Klicks (15) wieder auf die Frage 4 fällt. Am wenigsten Durchläufe (79) und Klicks (14) sind bei Evaluationsfrage 2 zu beobachten. Auch im Maximum bei den Durchläufen (6) und den Klicks (5) werden am wenigsten gezählt. Die Fragen 1, 3, 5 und 6 sind sich bezüglich der summierten Durchläufe ähnlich (102 bei Frage 1, 94 bei Frage 3, 97 bei Frage 5, 101 bei Frage 6), bei den Klicks verzeichnen die Fragen 1 und 3 hingegen höhere Werte (29 bei Frage 1 und 34 bei Frage 3). Bei den Evaluationsfragen 2, 3 und 5 ist zudem das Mouseover aktiv. Bei Frage 3 wird es mit 28 Bewegungen am häufigsten benutzt (16 mal bei Frage 2 und 22 mal bei Frage 5).

Betrachtet man Evaluationsfrage 1 bezüglich der Anzahl Durchläufe aller Probanden sortiert nach der Anzahl Durchläufe, ergibt sich Abbildung 31.

Abbildung 31 Beispiel Animationsdurchläufe Evaluationsfrage 1



Maximal sehen sich die Probanden bei Evaluationsfrage 1 die Animation 7 mal an, das Minimum liegt bei lediglich einer Betrachtung. Weitere Detailansichten zu den Evaluationsfragen sind in Anhang 4 zu finden. Anhand Abbildung 31, Tabelle 11 und aufgrund des Anhangs 4 kann gesagt werden, dass sich die Probanden die Animation sehr unterschiedlich oft anschauen.

5.2 Quantitative Statistik

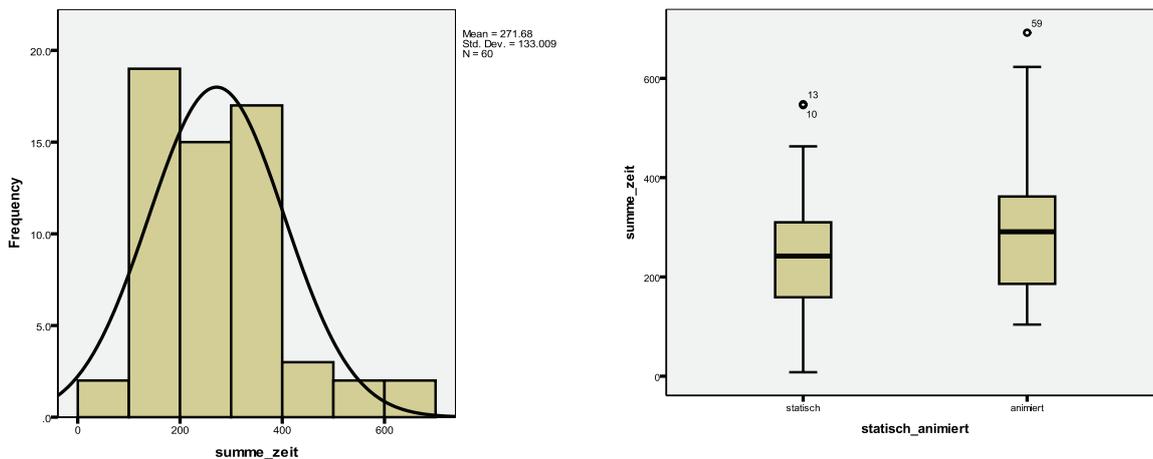
In diesem Kapitel werden die Hypothesen der Arbeit verifiziert. Dazu werden die unabhängigen und abhängigen Variablen analysiert. Das Signifikanzniveau α ist für die gesamte Analyse bei 0.05 festgelegt. Alle Abbildungen bezüglich Antwortzeit, Antwortgenauigkeit und Vertrauen in die gegebenen Antworten enthalten Fehlerbalken, welche den Standardfehler des jeweiligen Mittelwertes angeben.

Aus den Analysen aus SPSS werden jeweils nur die relevanten Grössen angegeben. Die vollständigen Outputs sind in Anhang 5 aufgeführt.

5.2.1 Antwortzeit

Die erste abhängige Variable, die statistisch untersucht wird, ist die Antwortzeit (Abbildung 32). Dazu wird mit der ersten Stufe des *mixed factorial* Designs begonnen, wobei die Mittelwerte der statischen und animierten Karten untersucht werden.

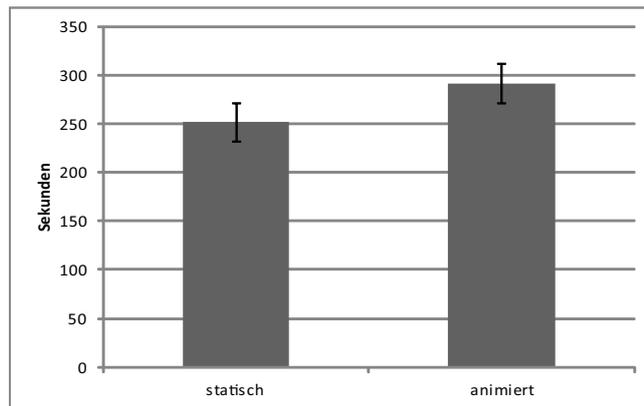
Abbildung 32 Histogramm und Boxplot zur Summe der Antwortzeiten



Das Histogramm zeigt, dass die Antwortzeiten in der Summe annähernd normalverteilt sind. Die Summe entspricht den Antwortzeiten aller Evaluationsfragen je Proband ($N = 60$). Bei den Antwortzeiten sind drei Ausreisser zu entdecken (Nummer 10, 13 und 59), welche mehr als zweimal von der Standardabweichung abweichen (Backhaus et al., 2008). Da die Analysen im Endeffekt für beide abhängigen Variablen unter den gleichen Bedingungen durchgeführt werden müssen, werden die Ausreisser für weitere Analysen nicht ausgeschlossen. Die Mittelwerte in den jeweiligen Boxplots unterscheiden sich visuell nur minimal. Es wird daher kein signifikanter Unterschied bezüglich der Antwortzeit erwartet.

Zum Vergleich der statischen und animierten Karten werden die Mittelwerte der Antwortzeit je Kartentyp berechnet. Die Mittelwerte und ihre Standardfehler sind in Abbildung 33 dargestellt.

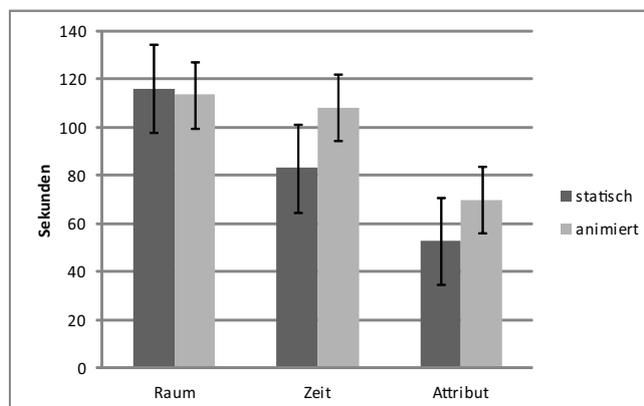
Abbildung 33 Mittelwert Antwortzeiten je Kartentyp



Die durchschnittliche Antwortzeit beträgt bei den statischen Karten 251.8 Sekunden und bei den animierten Karten 291.6 Sekunden. Zur Überprüfung ob sich diese Werte signifikant unterscheiden wird hier eine *univariate ANOVA* durchgeführt (Anhang A5.2). Daraus resultiert, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Antwortzeiten der zwei Kartentypen ($F(1,58) = 1.349$, $p = 0.250 > 0.05$, Power = 0.208) besteht. Die erhobenen soziodemografischen Merkmale wie das Geschlecht ($F(1,58) = 0.090$, $p = 0.765 > 0.05$, Power = 0.060), der Ausbildungshintergrund ($F(1,58) = 1.409$, $p = 0.240 > 0.05$, Power = 0.215), die Verfügbarkeit eines Autos ($F(1,58) = 0.252$, $p = 0.778 > 0.05$, Power = 0.088) oder der Abonnementsbesitz ($F(1,58) = 0.966$, $p = 0.448 > 0.05$, Power = 0.315) weisen keinen signifikanten Einfluss auf die Antwortzeiten auf (Anhang A5.7). Daher werden diese Variablen nicht weiter betrachtet.

Als zweite Stufe des *mixed factorial* Designs werden die Mittelwerte der Fragetypen Raum, Zeit und Attribut hinsichtlich des Kartentyps angeschaut. Die Mittelwerte sind mit den entsprechenden Standardfehlern in Abbildung 34 dargestellt.

Abbildung 34 Mittelwert und Standardfehler der Antwortzeit je Fragentyp



Die Mittelwerte der Fragetypen Raum, Zeit und Attribut unterscheiden sich visuell deutlich. Zur Überprüfung der Signifikanz wird eine Varianzanalyse anhand eines *GLM* mit *repeated measures* durchgeführt (Anhang A5.3). Daraus resultiert, dass der Fragetyp eine statistische Signifikanz hinsichtlich der Mittelwerte von Raum, Zeit und Attribut aufweist ($F(2,57) = 23.251, p = 0.000 < 0.05, \text{Power} = 1.000$). Bezüglich Fragetyp und Kartentyp besteht kein signifikanter Unterschied ($F(2,57) = 1.581, p = 0.210 > 0.05, \text{Power} = 0.329$).

Damit herausgefunden werden kann, inwiefern sich die Fragetypen statistisch signifikant unterscheiden, werden die Resultate der paarweisen Vergleiche analysiert (Tabelle 12).

Tabelle 12 Paarweiser Vergleich Antwortzeit je Fragetyp

Pairwise Comparisons						
Measure: MEASURE_1						
(I) Frage- typ	(J) Frage- typ	Mean Diffe- rence (I-J)	Std. Error	Sig.a	95% Confidence Interval for Differencea	
					Lower Bound	Upper Bound
Raum	Zeit	19.167	9.270	.129	-3.688	42.022
	Attribut	53.500*	8.847	.000	31.690	75.310
Zeit	Raum	-19.167	9.270	.129	-42.022	3.688
	Attribut	34.333*	5.040	.000	21.908	46.758
Attribut	Raum	-53.500*	8.847	.000	-75.310	-31.690
	Zeit	-34.333*	5.040	.000	-46.758	-21.908

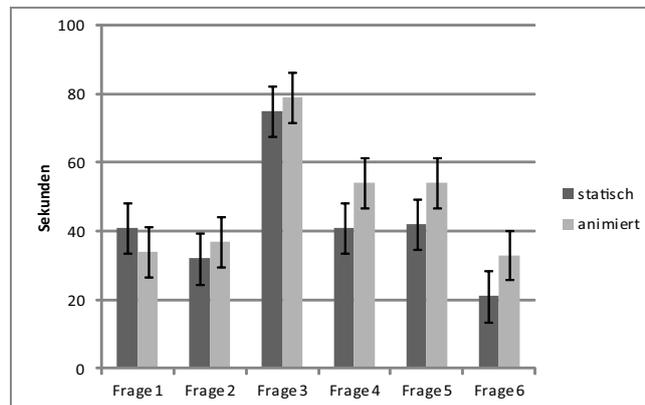
Based on estimated marginal means
a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.
*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabelle 12 zeigt, dass sich die Mittelwerte der Fragetypen Raum und Attribut, Zeit und Attribut, Attribut und Raum sowie Attribut und Zeit signifikant unterscheiden ($p = 0.000 < 0.05$). Hingegen Raum und Zeit sowie Zeit und Raum ($p = 0.129 > 0.05$) unterscheiden sich nicht. Es folgt daher eine differenziertere Betrachtung der Fragetypen.

Aus Abbildung 34 oder Anhang A5.1 können die Mittelwerte der einzelnen Fragetypen herausgelesen werden. Die mittlere Antwortzeit für den Fragetyp Raum beträgt bei den statischen Karten 115.9 Sekunden und bei den animierten Karten 113.6 Sekunden. Für den Fragetyp Raum sind daher keine signifikanten Unterschiede bei den Kartentypen zu erwarten. Die mittlere Antwortzeit beim Fragetyp Zeit beträgt bei den statischen Karten 83.0 Sekunden und bei den animierten Karten 108.2 Sekunden. Bei dem Fragetypen Attribut beträgt der Mittelwert der statischen Karten 52.8 Sekunden und bei den animierten Karten 69.8 Sekunden. Bei diesen beiden Fragetypen ist zu erwarten, dass sich die Mittelwerte innerhalb des Fragetyps statistisch signifikant hinsichtlich des Kartentyps unterscheiden.

Zur Erinnerung: der Fragetyp Raum setzt sich aus den Evaluationsfragen 1 und 3 zusammen, der Fragetyp Zeit aus den Evaluationsfragen 4 und 5 und der Fragetyp Attribut aus den Evaluationsfragen 2 und 6. Abbildung 35 zeigt die einzelnen Evaluationsfragen hinsichtlich ihrer Mittelwerte und Standardfehler bezüglich der Antwortzeit.

Abbildung 35 Antwortzeit je Evaluationsfrage



Besonders hohe Werte zeigt die Evaluationsfrage 3 vom Fragetyp Raum. Vergleicht man die Standardfehler zwischen den statischen und animierten Karten je Evaluationsfrage, weisen diese keine grosse Differenz auf. Deshalb unterscheiden sich bei der statistischen Überprüfung die Kartentypen nicht signifikant (Vergleiche Abbildung 33 und Anhang A5.2).

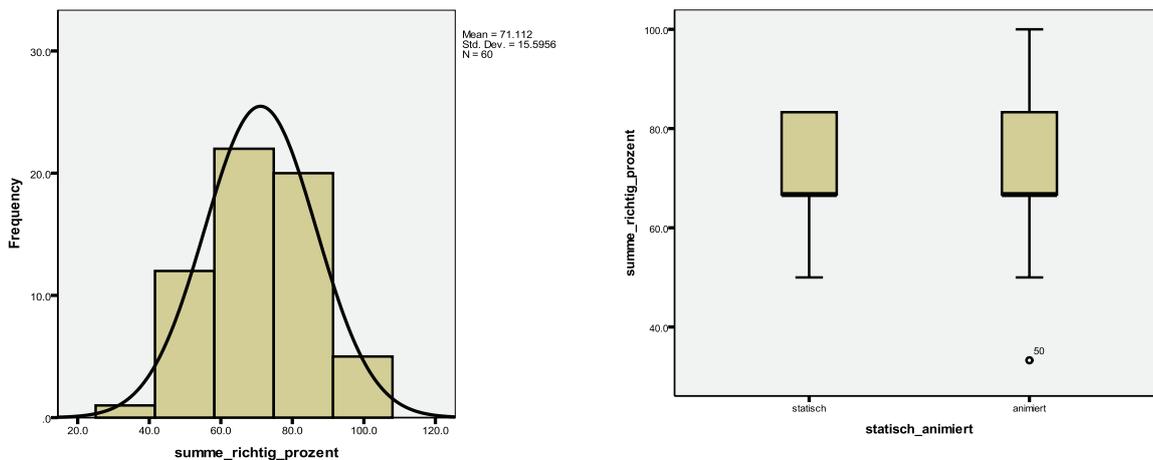
Aufgrund der nachgewiesenen Signifikanz zwischen den Fragetypen werden diese je Evaluationsfrage untersucht. Der Output des *GLM repeated measures* mit der Zeile « *Sphericity Assumed* » ergibt für den Fragetypen Raum (Anhang A5.4), dass sich die Evaluationsfrage 1 und 3 statistisch signifikant unterscheiden ($F(1,58) = 44.150, p = 0.000 < 0.05, \text{Power} = 1.000$) (Abbildung 35). Für den Fragetypen Zeit (Anhang A5.5) wird keine statistische Signifikanz festgestellt. Die Evaluationsfragen 4 und 5 unterscheiden sich also bezüglich ihrer Antwortzeit nicht. Der Fragetyp Attribut (Anhang A5.6) wiederum ist signifikant ($F(1,58) = 17.252, p = 0.000 < 0.05, \text{Power} = 0.983$). Die Untersuchungen zum Fragetyp zeigen also, dass es bezüglich der Komponenten Raum, Zeit und Attribut sowie den darin enthaltenen Fragen signifikante Unterschiede gibt.

Die Antwortzeiten der statischen Karten fallen tendenziell etwas kürzer aus. Es stellt sich die Frage, ob die Antwortgenauigkeiten für die statischen Karten besser ausfallen.

5.2.2 Antwortgenauigkeit

Als zweite abhängige Variable wird die Antwortgenauigkeit untersucht (Abbildung 36). Die erste Stufe des *mixed factorial* Designs untersucht die Mittelwerte der Antwortgenauigkeit der statischen und animierten Karten.

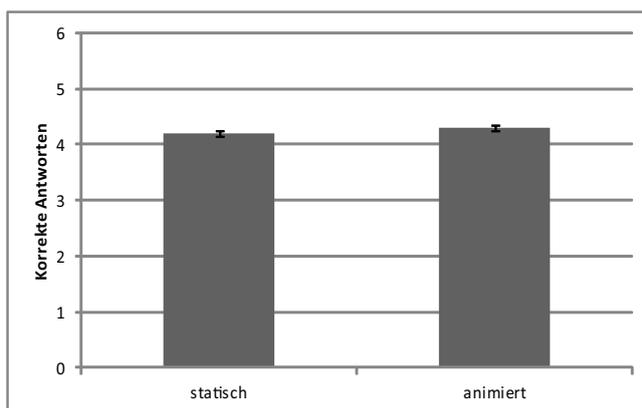
Abbildung 36 Histogramm und Boxplot zur Summe der Antwortgenauigkeiten



Das Histogramm lässt auf eine Normalverteilung der Daten schließen. Die Summe ergibt sich aus den jeweils richtigen Antworten je Proband (Minimal 0%, maximal 100%). Im Boxplot ist ein Ausreißer bei den animierten Karten festzustellen. Es handelt sich aber um einen anderen Ausreißer (Nummer 50) als bei den Antwortzeiten (Nummer 10, 13 und 59). Daher wird von einem Ausschluss abgesehen weil für beide Analysen die gleichen Bedingungen gelten müssen.

Die Antwortgenauigkeit wird ebenfalls in einem ersten Schritt über die gesamten Antworten untersucht. Bei einem Maximum von 6 korrekten Antworten und einem Minimum von 0 richtigen Antworten, ergibt sich für die statischen und animierten Karten Abbildung 37, welche den Mittelwert und den dazugehörigen Standardfehler von der Anzahl korrekter Antworten aufzeigt.

Abbildung 37 Mittelwert Antwortgenauigkeit je Kartentyp

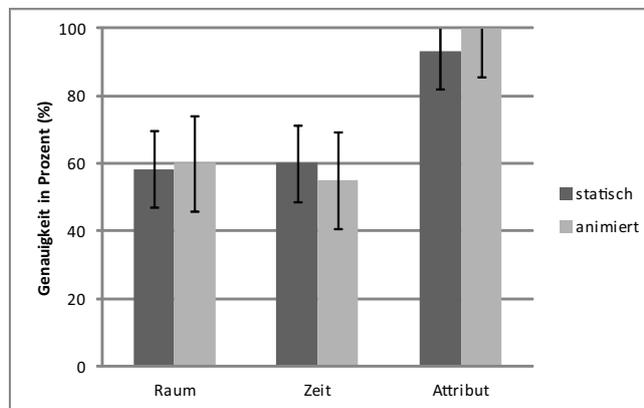


Die durchschnittliche Antwortgenauigkeit beträgt bei den statischen Karten 4,2 (70,0%) und bei den animierten Karten 4,3 (71,7%). Zur Überprüfung, ob es sich hierbei um eine statistisch signifi-

kante Differenz handelt, wird eine *univariate ANOVA* durchgeführt (Anhang A5.9). Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Antwortgenauigkeiten der zwei Kartentypen ($F(1,58) = 0.075$, $p = 0.785 > 0.05$, Power = 0.058). Analog zu den Antwortzeiten wird auch bei der Antwortgenauigkeit der Einfluss der soziodemografischen Variablen betrachtet (Anhang A5.15): das Geschlecht ($F(1,58) = 0.016$, $p = 0.900 > 0.05$, Power = 0.052), der Ausbildungshintergrund ($F(1,58) = 0.324$, $p = 0.571 > 0.05$, Power = 0.087), die Verfügbarkeit eines Autos ($F(1,58) = 0.265$, $p = 0.768 > 0.05$, Power = 0.090) und der Abonnementsbesitz ($F(1,58) = 0.518$, $p = 0.762 > 0.05$, Power = 0.177) haben keinen Einfluss auf die Antwortgenauigkeit, weshalb diese nicht weiter betrachtet werden.

Die zweite Stufe des *mixed factorial* Designs, welche eine differenzierte Analyse der Fragetypen bezüglich der Antwortgenauigkeit umfasst, wird analog zur Antwortzeit durchgeführt. Die drei Fragetypen sind mit ihrem Mittelwert und Standardfehler in Abbildung 38 dargestellt.

Abbildung 38 Mittelwert und Standardfehler der Antwortgenauigkeit je Evaluationsfrage



Es wird eine Varianzanalyse anhand eines GLM mit *repeated measures* durchgeführt (Anhang A5.10). Der Fragetyp weist eine statistische Signifikanz auf ($F(2,57) = 39.341$, $p = 0.000 < 0.05$, Power = 1.000). Bezüglich Fragetyp und Kartentyp besteht kein signifikanter Unterschied ($F(2,57) = 0.687$, $p = 0.505 > 0.05$, Power = 0.163). Für die totale und prozentuale Auswertung der Antwortgenauigkeit resultieren die gleichen statistischen Werte, weshalb hier nur die Genauigkeit in Prozent aufgeführt wird. Die Fragetypen Raum, Zeit und Attribut weisen auch bezüglich der Antwortgenauigkeit eine statistische Signifikanz auf.

Tabelle 13 zeigt die paarweisen Vergleiche bezüglich der prozentualen Antwortgenauigkeiten, um herauszufinden, welche Fragetypen sich wie unterscheiden.

Tabelle 13 Paarweiser Vergleich prozentuale Antwortgenauigkeit je Fragetyp

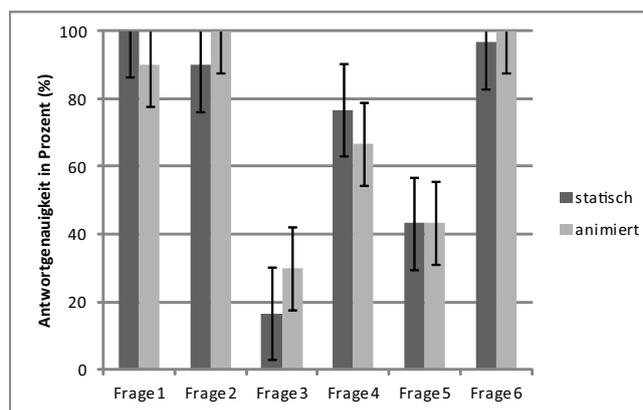
Pairwise Comparisons						
Measure: MEASURE_1						
(I) Frage- typ	(J) Frage- typ	Mean Diffe- rence (I-J)	Std. Error	Sig.a	95% Confidence Interval for Differencea	
					Lower Bound	Upper Bound
Raum	Zeit	1.667	5.973	1.000	-13.060	16.393
	Attribut	-37.500*	3.704	.000	-46.632	-28.368
Zeit	Raum	-1.667	5.973	1.000	-16.393	13.060
	Attribut	-39.167*	5.041	.000	-51.594	-26.740
Attribut	Raum	37.500*	3.704	.000	28.368	46.632
	Zeit	39.167*	5.041	.000	26.740	51.594

Based on estimated marginal means
a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.
*. The mean difference is significant at the .05 level.

Die Fragetypen unterscheiden sich zwischen Raum und Attribut, Zeit und Attribut, Attribut und Raum sowie auch zwischen Attribut und Zeit ($p = 0.000 < 0.05$). Die Fragetypen Raum und Zeit sowie Zeit und Raum unterscheiden sich nicht signifikant ($p = 1.000 > 0.05$).

Zur weiteren Analyse werden die Evaluationsfragen differenziert betrachtet. Abbildung 39 stellt den Mittelwert der prozentualen Antwortgenauigkeit inklusive Standardfehler pro Frage dar.

Abbildung 39 Prozentuale Antwortgenauigkeit je Evaluationsfrage



Die Antwortgenauigkeit liegt bei den statischen und animierten Fragen wie Abbildung 39 und Anhang A5.8 zeigen zwischen minimal 16.7% und maximal 100%. Die Evaluationsfragen 1, 2 und 6 schneiden deutlich besser ab als die Fragen 4 und 5, wobei die Frage 3 mit Abstand am schlechtesten beantwortet wird. Zur Überprüfung ob sich die Antwortgenauigkeit statistisch signifikant auf die Fragetypen auswirkt, werden die Evaluationsfragen jedes Fragetyps differenziert betrachtet.

Die Analysen mit *GLM* zeigen, dass für den Fragetypen Raum eine statistische Signifikanz bezüglich der Antwortgenauigkeit Raum ($F(1,58) = 157.246, p = 0.000 < 0.05, \text{Power} = 1.000$) wie auch bezüglich Antwortgenauigkeit Raum und Kartentyp ($F(1,58) = 4.167, p = 0.046 < 0.05, \text{Power} = 0.519$) vorliegt (Anhang A5.12). Für den Fragetypen Zeit (Anhang A5.13) wird ebenfalls eine statistische Signifikanz festgestellt. Die Evaluationsfragen 4 und 5 unterscheiden sich also bezüglich ihrer Antwortzeit ($F(1,58) = 13.945, p = 0.000 < 0.05, \text{Power} = 0.957$). Die Fragen des Fragetypen Attribut (Anhang A5.14) unterscheiden sich hingegen nicht signifikant ($F(1,58) = 1.000, p = 0.321 > 0.05, \text{Power} = 0.166$).

Der Fragetyp weist also eine statistische Signifikanz auf, wobei in der weiteren Analyse vor allem die Komponente Raum auffällt. Dies weil die Antwortgenauigkeit beim Fragetypen Raum auch eine statistische Signifikanz bezüglich des Kartentyps aufweist. Eine mögliche Erklärung und Interpretation dazu im Kapitel der Diskussion.

5.2.3 Antwortsicherheit

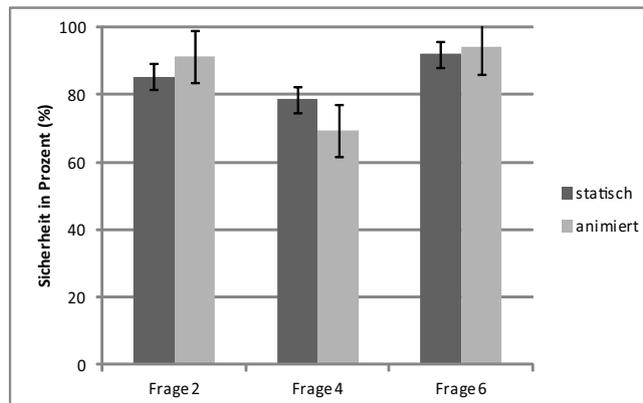
Als letzte abhängige Variable wird die Antwortsicherheit untersucht. Es stellt sich die Frage, ob ein Zusammenhang zwischen der Genauigkeit der gegebenen Antworten und dem Vertrauen in diese besteht. Das heisst, ob Probanden, welche angeben sich sicher bei ihrer Antwort zu sein, diese auch korrekt geben. Einen Vergleich von Antwortgenauigkeit und Sicherheit zeigt Tabelle 14.

Tabelle 14 Antwortsicherheit und Antwortgenauigkeit

	Antwortsicherheit (1 bis 5)		Antwortgenauigkeit (in %)	
	statisch	animiert	statisch	animiert
Frage 2	4.3	4.6	90.0	100.0
Frage 4	3.9	3.5	76.7	66.7
Frage 6	4.6	4.7	96.7	66.7

Bei drei der sechs Evaluationsfragen wird nach der Antwortsicherheit gefragt. Die Antwortsicherheiten werden wieder je Kartentyp betrachtet. Bei Evaluationsfrage 4 liegen die Antwortsicherheit (statisch 3.9, animiert 3.5) und die Genauigkeit (statisch 76.7%, animiert 66.7%) tiefer als bei Evaluationsfrage 2 (Sicherheit: statisch 4.3, animiert 4.6 und Genauigkeit: statisch 90.0%, animiert 100.0%). Bei Frage 2 fällt die Antwortsicherheit bei den animierten Karten höher aus und bei Frage 4 bei den statischen Karten. Bei diesen beiden Fragen wird ein Zusammenhang vermutet. Abbildung 40 zeigt die Mittelwerte der Antwortsicherheit und ihre Standardfehler.

Abbildung 40 Antwortsicherheit je Evaluationsfrage



Die abhängige Variable ist hier die Antwortgenauigkeit, die nicht nur im Vergleich zwischen den statischen und animierten Karten, sondern auch bezüglich der Antwortsicherheit betrachtet wird. Dazu wird eine *univariate ANOVA* durchgeführt (Anhang A5.16). Für Evaluationsfrage 2 resultiert, dass sich diese bezüglich der unabhängigen Variable der Antwortsicherheit statistisch signifikant unterscheidet ($F(3,56) = 2.793$, $p = 0.049 < 0.05$, Power = 0.641). Für Evaluationsfrage 4 besteht ebenfalls eine Signifikanz bezüglich der Antwortsicherheit ($F(3,56) = 4.781$, $p = 0.005 < 0.05$, Power = 0.879). Bei Evaluationsfrage 6 unterscheiden sich die Mittelwerte hingegen nicht signifikant ($F(2,57) = 2.157$, $p = 0.126 > 0.05$, Power = 0.423). Das heisst, dass Probanden welche sich ihrer Antwort bei der Frage 2 und 4 sicher sind, diese auch richtig beantworten. Respektive wenn sie sich ihrer Antwort nicht so sicher sind auch eine tiefere Einschätzung ihrer Antwortsicherheit angeben. Bei Frage 6 kann keine Signifikanz nachgewiesen werden, was möglicherweise damit zusammenhängt, dass die Frage 6 erstens sehr gut beantwortet wird und zweitens die Probanden bereits vorher andere Fragen beantworten mussten.

5.3 Kernaussagen

Die statistischen Analysen bezüglich des *mixed factorial* Designs haben statistisch signifikante und nicht signifikante Resultate ergeben. Die Ergebnisse werden nun zusammengefasst und mit Hilfe dieser werden die Arbeitshypothesen verifiziert. Die im Kapitel der Evaluationsmethodik aufgeführten Arbeitshypothesen werden hier weiter differenziert. Die Arbeitshypothesen werden dabei je abhängige Variable und Karten- respektive Fragentyp formuliert. Es werden also an Stelle von bisher drei, neu fünf Arbeitshypothesen analysiert.

5.3.1 Effizienz

Bezüglich Effizienz in der Beantwortung der Fragen wird die Antwortzeit genauer betrachtet. Die Arbeitshypothese für den Kartentyp lautet:

Arbeitshypothese benötigte Antwortzeit Kartentyp:

H_0 : Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat keinen Einfluss auf die benötigte Zeit für die Entscheidungen.

H_A : Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat einen Einfluss auf die benötigte Zeit für die Entscheidungen.

Bei der statistischen Analyse hat sich ergeben, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der gesamten benötigten Antwortzeit hinsichtlich der statischen und animierten Karten besteht. Das heisst, die Nullhypothese wird angenommen. Die benötigte Antwortzeit bei den statischen Karten entspricht der benötigten Antwortzeit bei den animierten Karten.

Betrachtet man die Effizienz der Fragetypen ergibt sich ein signifikantes Resultat. Dazu die folgende Hypothese:

Arbeitshypothese benötigte Antwortzeit Fragentyp:

H_0 : Der vorgelegte Fragentyp (Raum, Zeit, Attribut) hat keinen Einfluss auf die benötigte Zeit für die Entscheidungen.

H_A : Der vorgelegte Fragentyp (Raum, Zeit, Attribut) hat einen Einfluss auf die benötigte Zeit für die Entscheidungen.

Die Antwortzeiten unterscheiden sich hinsichtlich des Fragetypen Raum, Zeit und Attribut signifikant. Die Nullhypothese kann also bei einem Signifikanzniveau von 0.05 verworfen werden. Die Alternativhypothese wird angenommen. Der vorgelegte Fragentyp hat einen Einfluss auf die Entscheidungen und somit auf die benötigte Antwortzeit.

5.3.2 Effektivität

Damit eine Aussage zur Effektivität bezüglich der Beantwortung der Fragen hinsichtlich der statischen und animierten Karten gemacht werden kann, wird die Antwortgenauigkeit genauer untersucht. Dazu wird analog zur Effizienz eine differenzierte Analyse nach Kartentyp und Fragentyp durchgeführt.

Arbeitshypothese benötigte Antwortgenauigkeit Kartentyp:

H_0 : Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat keinen Einfluss auf die Korrektheit der Entscheidungen.

H_A : Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat einen Einfluss auf die Korrektheit der Entscheidungen.

Aus der *univariaten* ANOVA resultiert, dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Antwortgenauigkeiten je Kartentyp besteht. Die Nullhypothese wird also angenommen. Die Antwortgenauigkeiten bezüglich der Kartentypen entsprechen einander.

Zur Untersuchung der zweiten Stufe des *mixed factorial* Designs wird die Arbeitshypothese bezüglich des Fragetypen analysiert.

Arbeitshypothese benötigte Antwortgenauigkeit Fragetyp:

H_0 : *Der vorgelegte Fragetyp (Raum, Zeit, Attribut) hat keinen Einfluss auf die Korrektheit der Entscheidungen.*

H_A : *Der vorgelegte Fragetyp (Raum, Zeit, Attribut) hat einen Einfluss auf die Korrektheit der Entscheidungen.*

Die Antwortgenauigkeiten unterscheiden sich signifikant hinsichtlich der Fragetypen. Die Nullhypothese kann verworfen und die Alternativhypothese angenommen werden. Der vorgelegte Fragetyp hat einen Einfluss auf die Korrektheit der Entscheidungen, das heisst die Antwortgenauigkeiten entsprechen sich bei den Fragetypen Raum, Zeit und Attribut nicht.

Besonders auffallend ist, dass sich die Komponente Raum hinsichtlich Fragetyp und Kartentyp statistisch signifikant unterscheidet. Evaluationsfragen des Fragetyps Raum werden daher effektiver bei den animierten als bei den statischen Karten beantwortet.

5.3.3 Konfidenz

Als zusätzliche abhängige Variable wird die Antwortsicherheit der Probanden überprüft.

Arbeitshypothese Vertrauen in die Antworten:

H_0 : *Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat keinen Einfluss auf die Antwortsicherheit der Entscheidungsfindung der Probanden.*

H_A : *Der vorgelegte Kartentyp (statisch oder animiert) hat einen Einfluss auf die Antwortsicherheit der Entscheidungsfindung der Probanden.*

Bei zwei der drei Evaluationsfragen (2 und 4) wird ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich dem Vertrauen in die gegebenen Antworten bei den statischen und animierten Karten festgestellt. Die Alternativhypothese kann für die Evaluationsfragen 2 und 4 angenommen werden. Diese sind signifikant bezüglich dem Vertrauen und dem Kartentyp. Der vorgelegte Kartentyp hat einen Einfluss auf die Antwortsicherheit der Entscheidungsfindung der Probanden. Die Nullhypothese wird hingegen für die Evaluationsfrage 6 beibehalten, da das Vertrauen in die gegebenen Antworten bei den statischen Karten gleich ist wie bei den animierten Karten.

Abschliessend kann gesagt werden, dass sich die abhängigen Variablen der Antwortzeit und Antwortgenauigkeit nicht signifikant bezüglich Kartentyp unterscheiden. Es kann also keine Tendenz zu Gunsten der statischen oder animierten Karten festgehalten werden. Die Antwortsicherheit hingegen weist eine statistische Signifikanz hinsichtlich der statischen und animierten Karten auf.

Bezüglich Fragetyp unterscheiden sich Antwortzeit und Antwortgenauigkeit signifikant. Der Raum, die Zeit und das Attribut beeinflussen die abhängigen Variablen also signifikant.

6 DISKUSSION

In diesem Kapitel werden erstens die Resultate der empirischen Studie, welche den Hauptfokus dieser Arbeit bilden, diskutiert und mit dem Forschungsstand zu statischen und animierten Karten in Beziehung gesetzt. Dabei werden auch die Hypothesen diskutiert und die Fragestellung beantwortet. Zweitens wird die Methodik der Datenanalyse mit der Methodik der bestehenden Zeitkarten von Carosio et al. (2005) verglichen. Dabei werden die Herausforderungen der Datenanalyse aufgezeigt. Im Zusammenhang mit der Datenanalyse werden abschliessend die Reisezeit und die Erreichbarkeiten in einem Vergleich diskutiert.

6.1 Empirische Evaluation

Anschliessend an die statistischen Auswertungen wurden die Arbeitshypothesen im Kapitel der Resultate besprochen. Die erste Hypothese kann direkt verifiziert werden, wobei diese in zwei Teile gegliedert ist:

A. Durch die statischen Darstellungen können die Veränderungen der Reisezeit erfasst werden.

B. Durch die animierten Darstellungen können die Veränderungen der Reisezeit erfasst werden.

Die erste Hypothese kann bezüglich statischen und animierten Karten bejaht werden. Sowohl mit statischen wie auch mit animierten Karten lassen sich Veränderungen erfassen. Die Evaluationsfragen sind bei den statischen Karten zu 50% bis 83.3%, das heisst mit mindestens 3 bis maximal 5 richtigen von 6 möglichen Antworten, korrekt beantwortet. Bei den animierten Darstellungen sind 33.3% bis 100% (2 – 6 der 6 Fragen) korrekt beantwortet. Die Fragen sind mehrheitlich richtig beantwortet, was ein Hinweis darauf ist, dass die Veränderungen grundsätzlich erkannt werden können.

Die zweite und dritte Hypothese sind etwas differenzierter zu diskutieren. Diese umfassen die Effizienz und Effektivität, welche sich ja hinsichtlich des Kartentypen und Fragetypen in den Resultaten unterscheiden.

Die abhängigen Variablen Antwortzeit und Antwortgenauigkeit unterscheiden sich nicht signifikant in Abhängigkeit der Kartentypen. Das heisst, dass die statischen und animierten Karten keinen Unterschied in der benötigten Antwortzeit aufweisen. Auch die Antwortgenauigkeit unterscheidet sich diesbezüglich nicht signifikant.

Die statistische Untersuchung für den Fragetypen hat sowohl für die Antwortzeit wie auch für die Antwortgenauigkeit signifikante Resultate ergeben. Da es differenzierte Resultate für die Antwortzeit und Antwortgenauigkeit hinsichtlich Karten- und Fragetyp gibt, werden die beiden abhängigen Variablen weiter diskutiert, um die entsprechenden Hypothesen verifizieren zu können.

6.1.1 Effektivität

Die Hypothese zur Effektivität lautet:

Mit der Verwendung einer animierten Kartenserie werden die Fragen präziser beantwortet als mit einer statischen Kartenserie. (Effektivität)

Tversky et al. (2002) sind der Meinung, dass statische und animierte Karten nicht miteinander verglichen werden sollten, weil die Animation sogenannte Mikroschritte beinhaltet. Bei ihrer Studie haben sie herausgefunden, dass die animierten Karten effektiver sind. So haben auch Griffin et al. (2006) für die animierten Karten effektivere Resultate bezüglich der Antwortgenauigkeit verzeichnen können, als bei den statischen Karten. In dieser Studie hingegen wird kein signifikantes Resultat hinsichtlich statischen und animierten Karten gefunden. Bei der Auswertung der Effektivität bezüglich des Fragetypen wird aber eine Signifikanz eruiert. Es spielt also eine Rolle, ob die Evaluationsfragen den Raum, die Zeit oder das Attribut adressieren. Fabrikant et al. (2008) vermerken in einer Studie zu statischen und animierten Karten, dass bezüglich Aufgabenstellung, Informationsextraktion und Entscheidungsfindung ein Unterschied besteht. Von Interesse ist also, wie sich der Fragetyp auf die statischen und animierten Karten ausweist. Eine mögliche Erklärung ist, dass sich die Fragetypen bezüglich der gestellten Evaluationsfragen unterscheiden. Das heisst, dass die beiden Evaluationsfragen, welche jeweils miteinander einen Fragetypen bilden, unterschiedlich schwierig gestellt werden. Beispielsweise unterscheidet sich der Fragetyp Raum signifikant zwischen den statischen und animierten Karten, was aufgrund der schlechten Antwortquote bei Evaluationsfrage 3 herausgelesen werden kann. Bei dieser Frage merken die Probanden jeweils auch mündlich an, dass sie sehr schwierig ist. So wird auch der Fragetyp Zeit, in welchem die Fragen 4 und 5 enthalten sind, als nicht trivial empfunden. Die Fragetypen dieses Attributs werden hingegen ausserordentlich korrekt beantwortet (statisch: 90% bei Frage 2 und 97% bei Frage 6, animiert: 100% bei Frage 2 und 6). Das heisst, dass die Fragetypen den Stufen nach Bertin (1974) widersprechen. Eigentlich sollte die Frage nach dem Attribut, welche hier die Tendenz und somit das Ganze betrachtet, als obere Stufe gelten und am schwierigsten zu beantworten sein.

Um diese Studie wirklich mit den Aussagen von Tversky et al. (2002) und Griffin et al. (2006) vergleichen zu können, müssten die von den genannten Autoren gestellten Fragen genauer betrachtet werden. Es ist auf jeden Fall eindeutig, dass der Fragetyp und die Formulierung der Frage einen Einfluss auf die Effektivität haben. Da der Kartentyp nicht signifikant ist, der Fragetyp hingegen schon, kann diese Hypothese nicht eindeutig verifiziert oder falsifiziert werden.

6.1.2 Effizienz

Die zu verifizierende Hypothese bezüglich Effizienz lautet wie folgt:

Mit der Verwendung einer animierten Kartenserie wird weniger Zeit zur Beantwortung der Fragen benötigt als bei der Verwendung einer statischen Kartenserie. (Effizienz)

Bezüglich der Effizienz zur Beantwortung von Fragen haben Koussoulakou & Kraak (1992) in ihrer Studie eine Signifikanz feststellen können. Die hier ausgewerteten Resultate weisen bezüglich der Effizienz des Kartentyps keine Signifikanz auf. Das heisst, dass die benötigte Zeit, welche zur Beantwortung der Evaluationsfragen gebraucht wird sich für die statischen und animierten Karten nicht unterscheidet. Eine Erklärung dazu ist, dass eine Animation jeweils erst angeschaut werden muss. Die statischen Karten hingegen weisen einen Nachteil bei der Erkennung von dynamischen Veränderungen auf, da der Benutzer diese nur teilweise erfassen kann (Fabrikant, 2005), weshalb mehr Zeit für die Fragenbeantwortung beansprucht wird. Es ist daher nicht verwunderlich, dass für die benötigte Antwortzeit bezüglich der statischen und animierten Karten keine Effizienz bezüglich des Kartentyps festgestellt werden kann.

Um den statistisch signifikanten Unterschied bei der benötigten Antwortzeit bezüglich des Fragetypen zu erklären, kann die von Slocum et al. (2004) aufgestellte Theorie hinzugezogen werden. Die Autoren haben herausgefunden, dass die statischen Karten gut zum Vergleich von beliebigen Zeitständen passen, also beispielsweise zum Vergleich von den Jahren 1970 und 2000. Die animierten Karten hingegen eignen sich zur Erkennung von generellen Trends.

Bei den Resultaten wird eine Signifikanz für die Fragetypen Raum und Attribut festgestellt. Die Signifikanz beim Fragetypen Raum kann wie auch bei der Effektivität auf die Evaluationsfrage 3 zurückgeführt werden. Für die Beantwortung der Frage 3 wird deutlich mehr Zeit gebraucht als für die Frage 1. Dies ist auf die Schwierigkeit der Frage 3 zurückzuführen. Beim Fragetypen Attribut wird ebenfalls eine statistisch signifikante Differenz festgestellt. Dies hängt möglicherweise damit zusammen, dass bei der Evaluationsfrage 6 keine Regionen eingezeichnet sind, sondern die Karte als Einheit betrachtet werden kann, weshalb weniger Zeit für die Beantwortung der Frage benötigt wird. Die Theorie von Slocum et al. (2004) kann also nicht bestätigt werden, da bezüglich Kartentyp keine Signifikanz festgestellt wird. Somit kann aufgrund der unterschiedlichen Resultate für den Karten- und Fragetypen analog zur Effektivität auch die Hypothese zur Effizienz nicht eindeutig angenommen oder abgelehnt werden.

Bei der empirischen Studie werden noch weitere Merkmale erfasst, welche in Zusammenhang mit der benötigten Antwortzeit zu diskutieren sind, beispielsweise die Erfassung der Anzahl Animationsdurchläufe und damit einhergehend der Umgang mit den Interaktionsbuttons sowie das aktive oder inaktive Mouseover. Die Anwendung von Interaktionsmöglichkeit gewährt den Nutzern ein ausgezeichnetes Verständnis des Betrachteten, weshalb diese hier zur Anwendung gekommen sind (Andrienko et al., 2000). Zudem argumentiert Fabrikant (2005), dass bei statischen Karten eben-

falls eine Art Interaktionsmöglichkeit vorhanden ist, da der Benutzer selber entscheiden kann, welcher Kartenausschnitt wie lange und im Vergleich mit welchen andern Ausschnitten betrachtet wird.

Die Animation läuft am häufigsten bei Frage 4. Evaluationsfrage 3 verzeichnet also nicht die meisten Durchläufe, obwohl diese die schlechteste Antwortgenauigkeit aufweist. Eine mögliche Erklärung ist, dass bei den beiden vorhergehenden Fragen, also 2 und 3, das Mouseover aktiv ist, bei Frage 4 hingegen nicht. Dies kann zur Folge haben, dass sich der Betrachter erst wieder an einen vollständigen Durchlauf der Animation gewöhnen und diese daher vermehrt anschauen muss. Das würde auch die deutlich gestiegene Anzahl Klicks erklären. Bei aktivem Mouseover können die Benutzer direkt auf die von ihnen gewünschten Zeitstände zugreifen oder die Animation schneller ablaufen lassen, indem sie mit der Maus schnell über die Zeitstände fahren. Bei inaktivem Mouseover bestehen diese beiden Möglichkeiten nicht und der Benutzer muss die Interaktionsbuttons nutzen um die Animation steuern zu können.

Der Unterschied von Frage 1 zu Frage 4 bezüglich Anzahl Klicks ist womöglich daher zu erklären, dass es die erste Frage ist und diese allgemein gestellt wird. Daher wird sie wohl von den meisten Probanden als einfach verständlich und gut zu beantworten wahrgenommen. Dies widerspiegelt sich auch in der hohen Antwortgenauigkeit und in der hohen Antwortsicherheit.

Zwei Eigenschaften können die auffallenden Ergebnisse, sowohl bei der Antwortzeit wie auch bei der Antwortgenauigkeit, der Frage 3 erklären: Erstens fragt Evaluationsfrage 3 nach der Identifizierung einer Verlängerung der Reisezeit. Dies kann problematisch sein, da sich die Probanden einerseits generell auf eine Verkürzung der Reisezeit eingestellt haben und zudem die Identifizierung auch nicht trivial ist. Dies aus dem Grunde, weil sich die Regionen nur minimal unterscheiden und die Veränderung daher möglicherweise von Probanden nicht eindeutig erkannt wird. Zweitens kann davon ausgegangen werden, dass nicht alle Probanden Verlängerung gelesen haben, sondern intuitiv von einer Verkürzung ausgegangen sind. Aufgrund von diesen zwei Punkten schneidet die Frage womöglich im Gegensatz zu den anderen Fragen so schlecht ab.

Der Vergleich von statischen und animierten Karten zeigt, dass sich diese bezüglich der abhängigen Variablen Effizienz und Effektivität in Bezug auf den Kartentyp nicht eindeutig unterscheiden.

Bei der Analyse zum Fragetypen hingegen kann eine statistische Signifikanz festgestellt werden. Insbesondere ist der Fragetyp Raum hinsichtlich der Effizienz und Effektivität statistisch signifikant. Dies kann wiederum mit der Charakteristik der Evaluationsfrage 3 zusammenhängen.

Bezüglich der Antwortsicherheit wird bei zwei der drei ausgewerteten Evaluationsfragen eine Signifikanz nachgewiesen. Das heisst, dass es einen Zusammenhang zwischen Effektivität und Konfidenz gibt.

Die Erhebung umfasst auch soziodemografische Fragen. Interessant ist, dass diese keinen signifikanten Einfluss auf die statischen oder animierten Karten haben. Zumindest nicht die untersuchten Variablen, welche das Geschlecht, der Ausbildungshintergrund, die Verfügbarkeit eines Autos und der Abonnementsbesitz sind. Dies ist erstaunlich, denn es gibt Studien, wie diejenige von Griffin et al. (2006), in welchen ein Unterschied bei der Effektivität zu Gunsten der Animation und bezüglich des Geschlechts festgestellt werden kann. Eine Erklärung der Autoren, in Anlehnung an eine Studie

von Green & Bavelier (2003) ist, dass die männlichen Experimenteilnehmer aufgrund von mehr Erfahrung im Umgang mit Videospiele die Fragen effektiver beantworten. Bei den Probanden dieser Studie kann eine Beobachtung in diesem Sinne nicht verzeichnet werden.

6.1.3 Kritische Reflexion der Empirischen Evaluation

Die Entscheidung, die empirische Evaluation via onlineumfragen.com durchzuführen, stellt sich als richtig heraus. Erstens können die Probanden die Umfrage alle unter den gleichen Bedingungen ausfüllen. Zweitens werden die Antworten direkt erfasst. Es wäre allenfalls ratsam gewesen, erst eine Trainingseinheit mit den Probanden durchzuführen, damit ihnen der Inhalt der Arbeit und die Art der Karten vorgestellt werden kann. Bezüglich der Animation merken Andrienko et al. (2002) an, dass Probanden, die wissen wie sie mit dem Tool umgehen müssen, es auch effizient nutzen können. Bei den animierten Karten wäre eine Trainingseinheit der Interaktionsbuttons und des Mouseover eine sinnvolle Ergänzung, welche die Effizienz und allenfalls auch Effektivität der Fragenbeantwortung steigern könnte.

Hinsichtlich der Beispielfrage wird von den Probanden teils angemerkt, dass es hilfreich gewesen wäre, wenn sie gewusst hätten, ob sie die Beispielfrage richtig oder falsch beantwortet haben. Diese Kritik ist angebracht und sollte in einer zukünftigen Studie bedacht werden.

Ein weiteres Verbesserungspotenzial stellt sich in der Hervorhebung der Hinweise. Auf die relevanten Punkte in der Umfrage, wie beispielsweise, dass je grösser die Fläche ist, desto länger die Reisezeit, wird zwar hingewiesen aber vermutlich zu wenig eindeutig. Die Platzierung von wirklich wichtigen Hinweisen ist für eine nächste Studie zu überdenken. In diesem Zusammenhang kann auch die Informationsdichte der einzelnen Abbildungen angesprochen werden. Möglicherweise sind zu viele Informationen enthalten oder sie sind nicht genügend transparent dargestellt (Harrower & Fabrikant, 2008). Eine ungenügende Lesbarkeit kann auch eine mögliche Erklärung für ungenügende Effektivität sein. Die visuelle Wahrnehmung kann ebenfalls einen Einfluss haben (Simons & Rensink, 2005). Die Wahrnehmung des Menschen ist bezüglich des grafischen Bildes auf die elementare, mittlere und obere Stufe des Erfassens festgelegt (Bertin, 1974). Eine mögliche Erklärung für eine mangelhafte Effektivität ist also, dass die Elemente einer Stufe nicht gerecht erfasst werden konnten und deshalb die Beantwortung der Frage Schwierigkeiten verursacht hat. Beispielsweise, dass bei der mittleren Stufe nicht alle Elemente der Gruppe erfasst werden konnten. Dadurch kann eine Lücke in der Identifizierung der Thematik entstehen und eine Frage kann folglich weniger effizient und weniger effektiv beantwortet werden. Auch kommt die Problematik der *change blindness* als Ursache in Frage (Fabrikant et al., 2008; Goldsberry & Battersby, 2009).

Ein weiterer Diskussionspunkt ist die Anordnung der Fragen. Die Anordnung der Evaluationsfragen sollte eigentlich von der elementaren zur oberen Stufe erfolgen (Bertin, 1974). Martin (2008) schlägt ein Experimentdesign vor, das vom Groben ins Detail gegliedert ist. Also so, dass zu Beginn allgemeine, einfache Fragen gestellt werden und zum Schluss komplexe, schwierige Fragen. Wie sich gezeigt hat, ist nicht die Evaluationsfrage 6 sondern Evaluationsfrage 3 die schwierigste. Es ist also auch bezüglich der Anordnung der Fragen Verbesserungspotenzial vorhanden.

Wie sich die Schwierigkeit der Karten auf die Probanden ausgewirkt hat, kann so nicht gesagt

werden. Beispielsweise ist nicht klar wie ein Proband oder eine Probandin die Evaluationsfragen in einer Zeit von gerade mal 8 Sekunden beantwortet hat. Zur Untersuchung der subjektiven Schwierigkeit könnten zum Beispiel qualitative Interviews mit den Probanden anschliessend an die Studie durchgeführt werden. Es ist aber auf jeden Fall klar, dass nicht nur bei der Evaluationsmethodik sondern auch bei der Datenanalyse und der Erzeugung des Stimuli Designs ein paar kritische Anmerkungen gemacht werden können.

6.2 Stimuli Design

Das Stimuli Design, also die dargestellte Reisezeit in Karten, ist einerseits von der Geometrie und andererseits von den Attributen abhängig. Die Attribute beeinflussen dabei auch die Verzerrung und somit auch die Geometrie.

Bei der Geometrie stellt sich die Frage, ob die Wahl der Anamorphose für Benutzer ohne Vorwissen angebracht und ob die Wahl von Rasterzellen an Stelle von den effektiven Gemeindegrenzen zweckmässig ist. Die Wahl des Aggregationslevels wird auch von (Killer & Axhausen, 2011) diskutiert, wobei keine eindeutige Lösung hervorgeht da es auf den Inhalt und Zweck ankommt.

Die Anamorphose hilft Muster und Inhalte zu identifizieren, stellt aber gleichzeitig für Novizen eine Herausforderung dar (Tobler, 2004), weil es sich bei der Anamorphose um eine nicht alltägliche Darstellungsart handelt, welche bezüglich Nutzerperspektive noch immer relativ unerforscht ist (Slocum et al., 2004). Die Anamorphose wird als Geometrie gewählt, da Verzerrungen nützlich sein können, um Unbekanntes hervorzuheben. Ausserdem können die Karten so mit den Zeitkarten der Schweiz, welche ebenfalls auf einer Anamorphose basieren, verglichen werden. Die Probanden bemerkten, dass die Darstellungsart sehr interessant wenn auch ungewohnt sei. Es wird aber in keinerlei Art und Weise erwähnt, dass die Anamorphose ein Hindernis sei.

Vergleicht man die Zeitkarten der Schweiz von Carosio et al. (2005) (Anhang 6) mit den hier erzeugten Zeitkarten gibt es verschiedene Differenzen. Der Hauptunterschied besteht wohl darin, dass bei Carosio et al. (2005) die Methode der kleinsten Quadrate zur Berechnung der neuen Lage der Reisezeiten angewandt wird. Zusätzlich werden in einem ersten Schritt nur die wichtigsten Knotenpunkte (vergleichbar mit den übergeordneten Orten) berücksichtigt, und die übrigen Verbindungen relativ zu diesen gesetzt. Schliesslich werden noch manuelle Anpassungen bei den ÖV Karten vorgenommen. Bei den Zeitkarten in dieser Arbeit hingegen kann ein einheitliches Verfahren angewandt werden, was als grosser Vorteil und als entscheidende Verbesserung angesehen wird. Die Reisezeiten werden zudem mit den Netzdistanzen für die weiteren Berechnungen in Geschwindigkeiten umgerechnet, was wiederum als ein positiver Aspekt angesehen wird da die Distanzen so mitberücksichtigt werden. Problematisch hingegen sind die darauffolgenden Mittelwertberechnungen pro Rasterzelle, welche zu einer Glättung der Daten führen. Hier weist das Verfahren ein Verbesserungspotenzial auf. Insbesondere müsste den Extrema mehr Bedeutung beigemessen werden. Die minimalen und maximalen Reisezeiten zeigen letztendlich auf, in welchen Gemeinden beispielsweise ein Investitionspotenzial in Infrastruktur oder die Taktfrequenz im ÖV besteht. Zudem könnte man dadurch je nach Gemeinde oder Region identifizieren, wo und in welchem Jahrzehnt eine Veränderung stattgefunden hat. Dies wird von den bestehenden Zeitkarten nach Carosio et al. (2005)

als auch von denjenigen dieser Arbeit nur bedingt ermöglicht. Weiter kann bei beiden Methoden kritisiert werden, dass sie womöglich etwas schwer verständlich für Benutzer und Benutzerinnen ohne spezifisches Vorwissen sind.

Vergleicht man die Grössenverhältnisse der einzelnen Karten, ist sowohl bei denjenigen nach Carosio et al. (2005) als auch bei den Zeitkarten dieser Arbeit eine Verkleinerung der Gesamtfläche von 1950 bis 2000 festzustellen. Die Werte zur Skalierung der Fläche folgen dem gleichen Trend, beide weisen eine Verkleinerung der Fläche auf, unterscheiden sich aber. Dies ist mit der unterschiedlichen Berechnungsmethodik erklärbar. Bei beiden Varianten ist zudem noch die Problematik der Randregionen zu erwähnen. Diese werden in den hier vorliegenden Zeitkarten unterschätzt, das heisst sie werden in den Karten kleiner und heller dargestellt als sie eigentlich sind. Die Karten in Anhang 1 zeigen, dass die Randregionen der Reisezeiten im ÖV beispielsweise in der Ostschweiz tendenziell sehr hell eingefärbt sind und kleine Rasterzellen aufweisen.

Die Karten des ÖV werden bei Carosio et al. (2005) schon mittels manueller Anpassung angeglichen, weil beim ÖV die Problematik der Umsteige- und Wartezeiten bis anhin bezüglich Visualisierung ungelöst ist. Auch in den ÖV Karten in dieser Arbeit sind diese überschätzten langen Reisezeiten in den Karten deutlich erkennbar. Dies fällt insbesondere in den Jahren 1950 und 1960 auf, wo die Bergregionen überdurchschnittlich gross dargestellt werden, was einer langen Reisezeit entspricht. Für das Jahr 2005 fallen die Reisezeiten im Vergleich zu 2000 tendenziell wieder länger aus, was nicht der Realität entspricht. Um hierzu eine wirkliche Abbildung erzeugen zu können, müsste die Taktfrequenz miteinbezogen werden (mündliche Information von Kay Axhausen, 20. Juni 2012). Dies würde den Rahmen dieser Arbeit jedoch sprengen.

Ein weiterer Diskussionspunkt ist die Anwendung der Exponentialfunktion bei den Reisezeitkarten des MIV und ÖV. Die Anwendung der Methode in dieser Arbeit ist sinnvoll, da die Flächenunterschiede sonst zu marginal ausfallen. Obwohl durch die Anwendung der Exponentialfunktion die Logik in der Verzerrung erhalten bleibt, dass grosse Werte respektive Flächen im Verhältnis grösser werden und kleine Werte und Flächen im Verhältnis klein bleiben, resultiert eine Verfälschung der Realität. Dies ist ein weiteres Argument, weshalb ein Vergleich mit den Karten nach Carosio et al. (2005) nur bedingt möglich ist. Auffallend im Unterschied zu den Zeitkarten nach Carosio et al. (2005) ist insbesondere die Flächenverzerrung des Kantons Graubünden. Der Kanton Graubünden weist bei den Zeitkarten nach Carosio et al. (2005) eine markante Verzerrung auf. Der Kanton Graubünden hat nämlich, im Vergleich zu vielen übrigen Schweizer Regionen lange Reisezeiten zu verzeichnen. Bei den hier erzeugten Zeitkarten, fällt der Kanton Graubünden aber nicht ins Gewicht. Die einzige wirklich markant verzerrte Region ist das Wallis. Es gibt verschiedene Erklärungsansätze weshalb das Bündnerland hier so unbeträchtlich ausfällt:

Anhand von mehreren Iterationen zur Erzeugung der Anamorphose wird die Referenzgrösse, also die Reisezeit, möglichst optimal zur Fläche dargestellt. Das heisst, dass die hier berechneten Werte zu hoch ausfallen, da die Fläche zu klein dargestellt wird. Ein weiterer, ähnlicher Ansatz ist, dass mit der Verwendung von Rasterzellen an Stelle von Gemeindepolygonen die oftmals kleinräumigen Gemeinden im Kanton Graubünden unterschätzt und durch die Mittelwertberechnung die

Reisezeiten darin überschätzt werden. Das hat zur Folge, dass die Rasterzellen besonders klein sind.

Eine weitere mögliche Erklärung ist, dass die Erwerbstätigen in den Berggebieten die kürzesten Pendlerzeiten haben (Schuler et al., 2007). Das heisst, diese Personen haben oftmals gar keinen oder nur einen sehr kurzen Arbeitsweg, welchen sie zu Fuss oder mit dem Auto zurücklegen. In der Schweiz sind davon verschiedene Regionen betroffen. Unter anderem Berg- und Randregionen, wie eben auch das Bündnerland mit dem Engadin (Schuler et al., 2007). Diese nicht vorhandenen Reisezeiten sind also eine mögliche und plausible Erklärung dafür, dass die erzeugten Anamorphosen, vor allem im Kanton Graubünden, eine zu kleine Fläche aufweisen. In diesem Zusammenhang kann noch ein weiterer Punkt angemerkt werden: In Agglomerationsräumen und Metropolitanräumen nimmt die Reisezeit tendenziell zu, da der Arbeitsplatz meist weiter entfernt ist und oftmals nicht auf direktem Wege erreicht werden kann (Schuler et al., 2007). Zudem sind in diesen Räumen immer mehr Personen unterwegs. Mehr Reisende bedeuten grundsätzlich mehr Strassenverkehr was wiederum die Reisezeiten des MIV verlängert. Das heisst, dass die Reisezeiten vor allem im Mittelland überschätzt werden. Wenn die einen Werte überschätzt und die anderen unterschätzt werden, wirkt sich das auf die gesamte Darstellung aus, da die Flächenverzerrung ja aufgrund aller Werte gemacht wird. Dies sind aber alles keine abschliessenden Erklärungen, weshalb hierzu weitere Forschung angezeigt ist.

6.2.1 Kritische Reflexion der Datenanalyse und des Stimuli Designs

Bezüglich der Datenanalyse gibt es zusammengefasst drei Punkte, die kritisch zu betrachten und bei einer zukünftigen Arbeit weiter zu verbessern sind. Als erstes ist die zweifache Mittelwertberechnung problematisch, weil sie eine Glättung der Reisezeiten respektive Geschwindigkeiten zur Folge hat. Dies wirkt sich wiederum auf die Flächenverzerrung und die Flächenskalierung aus. Als zweiten Punkt sind die Randregionen anzumerken. Auf diese soll bei einer weiteren Untersuchung ein Fokus gelegt werden. So auch bei der Analyse des Kantons Graubünden, welche den dritten zu beachtenden Punkt darstellt.

Im Hinblick auf das Stimuli Design ist die Wahl der Rasterzellen an Stelle von Gemeindepolygonen kritisch. Wählt man eine Polygon-basierte Darstellung müssen die Karten aber in einem grösseren Massstab dargestellt werden, so dass die kleinräumigen Gemeinden auch erkennbar sind. Ebenfalls kritisch ist die Wahl der visuellen Variablen. Die Farbigkeit der Zeitkarten kann grundsätzlich in Frage gestellt werden, da in dieser Arbeit in erster Linie die Flächenverzerrung von Relevanz ist. Würden die Zeitkarten beispielsweise einfarbig dargestellt, würden mit Bestimmtheit andere Resultate in der empirischen Evaluation resultieren. Die Farbigkeit hilft dem Betrachter, die Zeitreihen zu analysieren. Somit ist ein direkter Rückschluss von der Effektivität und Effizienz der Fragenbeantwortung auf die Darstellung in Form von Verzerrungen nicht möglich.

In animierten Karten sind zudem die Wahl der Interaktionsbuttons und die Möglichkeit des Mouseovers kritische Elemente. Die Buttons Play und Pause könnten in einem Button vereint werden, so dass wenn die Animation gezeigt wird, das Symbol Pause angezeigt und wenn die Animation nicht läuft, das Symbol Play ersichtlich ist. Eine andere Darstellungsmöglichkeit wäre, dass die Buttons transparent

werden, je nach dem in welchem Status sich die Animation befindet. Das Mouseover beeinflusst die Animation dahin gehend, dass es ihr die eigentliche Charakteristik nimmt. Dies weil die Animation dadurch nicht mehr als solche wirkt, sondern eher wie *change maps* (Slocum et al., 2004). Ein Vergleich zwischen *change maps* und einer Animation könnte daher die Basis einer neuen Arbeit bilden.

Allgemein sollte angemerkt werden, dass der Autorin dieser Arbeit keine Informationen zur Erhebung der zugrunde liegenden Daten vorliegen und sie sich mit dieser auch nicht näher befasst hat. Da Ungereimtheiten in den Datensätzen der Netzdistanzen und Erreichbarkeiten festgestellt wurden, welche anschliessend in guter Zusammenarbeit mit der ETH überarbeitet und behoben werden konnten, ist dennoch eine grundsätzliche Qualitätsüberprüfung angezeigt.

6.2.2 Diskussion Reisezeit und Erreichbarkeit

Der Vergleich der beiden Phänomene ist erstens angezeigt, weil die Erreichbarkeit flächenbasiert ist und somit grundsätzlich für die Anwendung der flächenbasierten Anamorphose in Frage kommt. Zweitens hängen die beiden Phänomene zusammen. Drittens werden in Axhausen & Hurni (2005) für beide Phänomene Karten erstellt, weshalb die Anwendung der hier verwendeten Methodik auf die Reisezeiten wie auch die Erreichbarkeiten sinnvoll ist.

Die in dieser Arbeit berechneten Mittelwerte der Erreichbarkeiten, respektive die logarithmierte Version davon, sind ähnlich zu denjenigen aus Axhausen et al. (2005). Beispielsweise beträgt der Logarithmus des MIV in dieser Arbeit für das Jahr 2000 9.837, der berechnete Wert in Axhausen et al. (2005) beträgt für den MIV für das Jahr 2000 9.120. Dies erstaunt, denn eigentlich müssten die Werte aus Axhausen et al. (2005) identisch sein mit den hier berechneten Mittelwerten, da es sich um die gleichen Datensätze der Erreichbarkeiten handelt. Der Unterschied ist möglicherweise anhand von abweichenden berücksichtigten Arbeitsplätzen oder Bevölkerungszahlen zu erklären. Es ist möglich, dass die Berechnungen nach den Auswertungen im Jahr 2005 nochmals durchgeführt wurden, aber mit anderen Werten. Eine andere mögliche Erklärung ist, dass die Methodik der Datenberechnung eine andere ist und für die vorliegende Arbeit doch ein anderer Datensatz zur Verfügung gestellt wurde.

Grundsätzlich liegen heute sowohl feinere Daten vor, als sich auch die Methodik über die Jahre weiterentwickelt hat (mündliche Information von Veronika Killer, 13. Juli 2012). Beides kann dazu geführt haben, dass die Werte im Jahre 2005 deutlich ansteigen. Im Jahre 2005 liegt der logarithmierte Wert der Erreichbarkeit für den MIV bei 10.066.

Ein direkter Vergleich der in dieser Arbeit erzeugten Erreichbarkeitskarten mit denjenigen von Axhausen et al. (2005) ist nicht möglich. Erstens weil die von ihnen erstellten Erreichbarkeitskarten je Jahr als 3D Darstellung vorliegen. Zweitens haben sie eine kontinuierliche Farbklassierung von hell nach dunkel vorgenommen. Die in dieser Arbeit generierten Karten sind nach gleichem Intervall in fünf Klassen eingeteilt und eingefärbt. Des Weiteren wird in dieser Arbeit eine Flächenskalierung der Karten vorgenommen.

Es haben beide Darstellungsvarianten ihre Vorteile. So können in der 3D Darstellung die fünf grossen Städte der Schweiz auf den ersten Blick identifiziert werden. Bei den Erreichbarkeitskarten,

welche im Rahmen dieser Arbeit erzeugt werden, kann vor allem der Unterschied zwischen dem Mittelland und der übrigen Schweiz sofort ausgemacht werden. Zudem wird anhand der Skalierung der Fläche klar, dass sich die Erreichbarkeiten von 1950 bis 2005 deutlich verbessert haben. Bei den Erreichbarkeitskarten nach Axhausen et al. (2005) können hingegen die Veränderungen von 1950 bis 2005 im Umland feiner differenziert werden. Einen Nachteil bei den hier generierten Karten ist, dass sich die einzelnen Karten abgesehen von der gesamten Flächengrösse, nur sehr marginal unterscheiden. Bei den 3D Erreichbarkeitskarten führt der marginale Farbunterschied insbesondere bei den Karten mit Logarithmierung zu einer wenig salienten Darstellung.

Insgesamt haben die Reisezeiten und die Erreichbarkeiten des MIV zugenommen. Die grosse Veränderung der Erreichbarkeiten im MIV ist vor allem durch den massiven Ausbau der Infrastruktur zu erklären (Axhausen et al., 2005). Die Zunahme der Reisezeit und Erreichbarkeit im MIV hat zur Folge, dass die Karten von 1950 bis 2005 grundsätzlich kleiner werden. Vergleicht man die Karten der Reisezeiten des MIV mit den Karten der Erreichbarkeiten des MIV, kann festgestellt werden, dass die Erreichbarkeitskarten über die Jahre eine homogenere Entwicklung aufweisen. Dies weil die Karten der Erreichbarkeiten jeweils in den gleichen Rasterzellen (Polygonvektoren) in jedem Jahr eine gute, respektive schlechte Erreichbarkeit aufweisen. Eine mögliche Erklärung ist, dass die Erreichbarkeiten durch die berücksichtigten Aktivitätspunkte und den Gewichtungsfaktor β relativ zueinander berechnet werden. Die Reisezeiten, respektive Geschwindigkeiten, hingegen weisen eine klare Veränderung in den Bergregionen auf. Bei den Erreichbarkeiten ist stets das Mittelland sehr gut erreichbar.

Betrachtet man die Karten der Erreichbarkeit von 1950 bis 2005 sowie die verwendeten Mittelwerte zur Verkleinerung der Karten, so haben sich die Erreichbarkeiten im Vergleich zu den Reisezeiten deutlicher verändert. Beispielsweise beträgt der Prozentwert für das Jahr 2000 für die Reisezeiten 67% und für die Erreichbarkeiten 43% des Wertes von 1950. Dabei zeigt sich, dass Arbeitsplätze und Bevölkerungszahl einen grossen Einfluss auf die Erreichbarkeiten haben. Tschopp (2007) hat eine positive Korrelation zwischen verändernder Erreichbarkeit und relativem Bevölkerungswachstum festgehalten. Ein Zusammenhang zwischen den Erreichbarkeiten und Reisezeiten zeigt sich auch visuell in den Karten (Anhang 1).

6.3 Fazit

Die abhängigen Variablen unterscheiden sich hinsichtlich des Kartentyps nicht signifikant, bezüglich Fragetyp hingegen schon. Es stellt sich dabei die Frage, ob dieses Resultat durch die Interaktionsmöglichkeiten beeinflusst wird. Ein aktives Mouseover erzielt eine andere Wirkung als eine effektive Animation. Ob statische oder animierte Karten besser geeignet sind kann nicht schlüssig gesagt werden. Es kann lediglich festgehalten werden, dass sie unterschiedlich sind (Harrower, 2007).

Bei der empirischen Evaluation ist die Frageanordnung zu überdenken und eine allfällige Trainingseinheit ins Auge zu fassen. Falls von der Trainingseinheit abgesehen wird, muss zumindest nach dem Beispiel angegeben werden, ob es korrekt beantwortet ist. Die Platzierung von Hinweisen ist zudem gut zu bedenken. Auf jeden Fall ist der persönliche Kontakt zwischen den Probanden

und der Experimentleiterin als sehr positiv zu werten, insbesondere der anschliessende Austausch, bei welchem die Probanden ihre offenen Fragen oder kritischen Anmerkungen anbringen können.

Im Hinblick auf die Datenanalyse sind die Mittelwertberechnungen zu überdenken. Zudem ist die gewählte Geometrie zu reflektieren. In künftigen Studien sollten die Randregionen und der Kanton Graubünden genauer betrachtet werden.

Abschliessend kann, wie auch Häberling & Hurni (2005) in ihrem Beitrag zu den Zeitkarten der Schweiz anmerken, gesagt werden, dass das Stimuli Design nur ein möglicher Vorschlag für eine Visualisierung ist. In dieser Arbeit werden Karten geschaffen, welche eine kohärente Darstellung über die Jahre wiedergeben, so dass die Zeitstände untereinander vergleichbar sind. Diese Vergleichbarkeit resultiert aus der globalen Farbskala sowie der prozentualen Flächenverzerrung, die für die Darstellung verwendet werden.

7 SCHLUSSFOLGERUNG

In dieser interdisziplinären Arbeit werden zwei Forschungsrichtungen miteinander verbunden. Es wird eine Problemstellung aus dem Bereich der Verkehrsplanung mit Methoden aus der Geovisualisierung untersucht. Das Ziel dieser Arbeit ist herauszufinden, wie sich die statischen und animierten Zeitkarten der Schweiz auf die Effizienz und Effektivität bezüglich der Darstellungsart auswirken. Die aufgestellten Hypothesen dazu können nicht alle eindeutig verifiziert werden. Daher muss auch die Fragestellung differenziert angeschaut werden. Die Fragestellung dieser Arbeit lautet:

Können durch eine animierte Darstellung von Reisezeiten Fragen zur Veränderung der Reisezeit effizienter und effektiver beantwortet werden als mit einer statischen Darstellung?

Die Fragen können mit animierten Karten nicht effizienter und effektiver beantwortet werden als mit statischen Kartentypen. Die abhängigen Variablen unterscheiden sich nicht signifikant hinsichtlich der Antwortzeit und Antwortgenauigkeit. Die Konfidenz hingegen weist eine statistische Signifikanz auf. Die Probanden beantworten die Fragen also effektiver wenn sie Vertrauen in ihre Antwort haben.

Hinsichtlich des Fragetyps können aber gewisse Fragen effizienter und effektiver beantwortet werden. Es wird eine statistische Signifikanz für die Fragetypen Raum, Zeit und Attribut eruiert. Die Komponenten unterscheiden sich dabei bezüglich Effizienz und Effektivität, wobei der Raum für beide eine Signifikanz aufweist. Das heisst, dass die Antwortzeit und die Antwortgenauigkeit durch den Raum beeinflusst werden. Hierzu ist anzumerken, dass der Raum die schwierige Evaluationsfrage 3 enthält. Es ist daher durchaus möglich, dass die hier festgestellte Signifikanz in Bezug auf Effizienz und Effektivität durch diese Frage beeinflusst wird. Bei zukünftigen Studien im Bereich der Geovisualisierung, im Hinblick auf statische und animierte Karten, muss die Formulierung der Evaluationsfragen genau beachtet werden.

Abschliessend kann gesagt werden, dass sich die statischen von den animierten Darstellungen nicht signifikant unterscheiden. Die Fragestellung wird verneint. Durch animierte Darstellungen von Reisezeiten können Fragen zur Veränderung der Reisezeit nicht effizienter und effektiver beantwortet werden als mit statischen Darstellungen.

Vergleicht man die Karten des MIV mit denen des ÖV, kann deutlich erkannt werden, dass sich die Reisezeit des MIV im Verhältnis zum ÖV deutlich verbessert hat. Dieser Trend ist auch bei den Erreichbarkeiten im MIV und ÖV zu verzeichnen.

Die verstärkte Vernetzung der Schweiz wird durch die erstellten Zeitkarten ersichtlich. Es wird deutlich, dass aufgrund der kürzeren Reisezeiten und gestiegenen Erreichbarkeiten eine Annähe-

rung der einzelnen Gemeinden stattfindet. Für die Verkehrsplanung ist dies insofern von Relevanz, als erstens die noch ungenügend erschlossenen Regionen bei Bedarf ausgemacht werden können und zweitens die Auswirkungen der Investitionen in die Infrastruktur beobachtet werden können. In der Praxis können diese Karten als unterstützendes Material für weitere Planungsschritte beigezogen werden.

Insbesondere wird es in zukünftigen Studien interessant sein zu beobachten, wie sich die Zeitkarten der Reisezeit und Erreichbarkeit weiter entwickeln.

7.1 Ausblick

Die Visualisierung und Evaluationsmethodik in dieser Arbeit sind ein möglicher Vorschlag unter vielen Varianten. Eine zukünftige Forschung in den thematisierten Bereichen sollte nachfolgende Anmerkungen für ein ausgereifteres Stimuli und Experiment Design verfolgen.

7.1.1 Empfehlung Datenanalyse Reisezeit

Wie bereits in der Diskussion besprochen, hat die Mittelwertberechnung je Rasterzelle eine Glättung zur Folge. Dieses Vorgehen ist nicht ideal und müsste für eine zukünftige Analyse überdacht werden. Beispielsweise könnte hier eine Anwendung eines ad-hoc programmierten, recheneffizienten Skripts einen Ansatz bieten (mündliche Information von Christian Kaiser, 30. März 2012).

Für die erstellten Karten im ÖV müsste in einer zukünftigen Arbeit die Taktfrequenz eingebaut werden, um eine adäquate Zeitkarte für die verschiedenen Zeitstände zu erhalten.

7.1.2 Optimierung Stimuli Design

Wie bereits aus den Resultaten und der Diskussion hervorgeht, beeinflusst die visuelle Variable Farbe die Effizienz und Effektivität. Viele Probanden geben an, dass sie die Farbe als Variable zur Beantwortung der Fragen nutzen. Um die Wirkung dieser Variable genau zu untersuchen, könnte das Experiment angepasst werden, indem es ohne Farbe oder mit einheitlicher Farbe durchgeführt wird. Daraus würde eine Studie mit einem Vergleich von einheitlicher Farbe und klassierter Farbgebung resultieren.

Im Hinblick auf das Stimuli Design der Animation wird eine weitere Studie zur Wirkung des Mouseovers vorgeschlagen. Somit könnte die Repräsentation als *change maps* mit wirklich animierten Karten verglichen werden. Bei der Animation können zudem die Karten mit kontinuierlichen, an Stelle von sprunghaften, Übergängen erzeugt werden, wobei ebenfalls ein Einfluss auf die Effizienz und Effektivität erwartet werden kann.

7.1.3 Anmerkungen Empirische Evaluation

Die Empirische Evaluation wird hinsichtlich des Kartentyps als *between-subject* Design durchgeführt. Das Experiment könnte auch als *within-subject* Design aufgebaut werden. Auf jeden Fall empfiehlt es sich mehr Evaluationsfragen zu stellen, so dass für die anschließende Analyse mehr als zwei Fragen je Fragetyp vorhanden sind.

Wichtig für ein zukünftiges Experiment ist, dass über eine vorgängige Trainingseinheit nachgedacht wird oder zumindest angezeigt wird, ob die Probanden die Beispielfrage richtig beantwortet haben.

Auf Grund dieser Studie kann nicht beantwortet werden, wie die Anamorphose auf den Benutzer wirkt, da erstens keine Vergleichskarte im Experiment enthalten ist und zweitens die Benutzer nicht zur Wirkung der Anamorphose befragt werden. Dies kann in einer zukünftigen Studie ergänzend eingebaut werden.

8 BIBLIOGRAPHIE

Andrienko, G., Andrienko, N., Demsar, U., Dransch, D., Dykes, J., Fabrikant, S. I., Jern, M., Kraak, M.-J., Schumann, H. & Tominski, C. (2010). Space, time and visual analytics. *International Journal of Geographical Information Science*, 24(10), 1577–1600.

Andrienko, N., Andrienko, G., & Gatalsky, P. (2000). Supporting visual exploration of object movement. *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces – AVI '00*, 217–220.

Andrienko, N., Andrienko, G., Voss, H., Bernardo, F., Hipolito, J., & Kretschmer, U. (2002). Testing the Usability of Interactive Maps in CommonGIS. *Cartography and Geographic Information Science*, 29(4), 325–342.

American Psychological Association. (2011). American Psychological Association, Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct. <http://www.apa.org/ethics/code/index.aspx> (Zugriff: 4. Januar 2012).

ARE – Bundesamt für Raumentwicklung. (2007). *Räumliche Auswirkungen der Verkehrsinfrastrukturen Lernen aus der Vergangenheit ... für die Zukunft*. Synthesebericht. Bern.

Axhausen, K. (2008). Accessibility: Long-term perspectives. *Journal of Transport and Land Use*, 1:2, 5–22.

Axhausen, K. W. (2010). *Verkehrssysteme und Raumnutzung*. Verkehrssysteme, Oktober 2010, IVT, ETH Zürich.

Axhausen, K. W., Fröhlich, P., Tschopp, M., & Keller, P. (2005). Zeitkarten, Erreichbarkeiten und Verkehrspolitik. In: Axhausen, K. W. & Hurni, L. (Hrsg.), *Zeitkarten der Schweiz 1950 – 2000*. Zürich: ETH Zürich, 7–28.

Axhausen, K. W., & Hurni, L. (2005). *Zeitkarten der Schweiz 1950 – 2000*. Zürich: ETH Zürich.

Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., & Weiber, R. (2008). *Multivariate Analysemethoden* (12. Auflage). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Bertin, J. (1974). *Graphische Semio-logie-Diagramme, Netze, Karten* (Deutsche Ausgabe). Berlin New York: Walter de Gruyter.

Bertin, J. (1983). General Theory, from Semiology of Graphics. In: Dodge, M., Kitchin, R. & Perkins, C. (Hrsg.), *The Map Reader: Theories of Mapping Practice and Cartographic Representation*. Chichester, UK: Wiley-Blackwell, 8–16.

BFS – Bundesamt für Statistik. (2007). *Mobilität in der Schweiz*. Neuchâtel.

BFS – Bundesamt für Statistik. (2010). *Mobilität und Verkehr 2010*. Neuchâtel.

BFS – Bundesamt für Statistik. (2012a). Schweiz – die Gemeinden. http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/regionen/11/geo/institutionelle_gliederungen/01b.html (Zugriff: 7. Juli 2012).

BFS – Bundesamt für Statistik. (2012b). GEOSTAT.

Brandenburg, F., Himsolt, M., & Rohrer, C. (1996). An experimental comparison of force-directed and randomized graph drawing algorithms. In: Brandenburg, F. (Hrsg.), *LNCS* (Vol. 1027). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 76–87.

Brandes, U., & Pich, C. (2007). Eigensolver Methods for Progressive Multidimensional Scaling of Large Data. In: Kaufmann, M. & Wagner, D. (Hrsg.), *GD 2006*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 42–53.

Brandes, U., & Pich, C. (2009). An Experimental Study on Distance-Based Graph Drawing. In: Tollis, I. G. & Pagrignani, M. (Hrsg.), *GD 2009*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 218–229.

Brewer, C., Harrower, M., & The Pennsylvania State University. (2012). Colorbrewer 2.0. <http://colorbrewer2.org/> (Zugriff: 11. Mai 2012).

Buziek, G. (1997). Das Potential moderner Informations- und Kommunikationstechnologien aus Sicht der Kartographie. *Kartographische Schriften*, 2, 17–25.

Buziek, G., Dransch, D., & Rase, W.-D. (2000). *Dynamische Visualisierung*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.

Caroso, A., Dolci, C., & Scherer, M. (2005). Erreichbarkeitsveränderungen in der Schweiz: Eine kartographische Darstellung. In: Axhausen, K. W. & Hurni, L. (Hrsg.), *Zeitkarten der Schweiz 1950 – 2000*. Zürich: ETH Zürich, 41–60.

Clearleft Ltd. (2010). Silverback 2.0. <http://silverbackapp.com/> (Zugriff: 8. Juni 2012).

DiBiase, D., MacEachren, A. M., Krygier, J. B., & Reeves, C. (1992). Animation And The Role Of Map Design In Scientific Visualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 19(4), 201 – 214.

Dodge, M., McDerby, M., & Turner, M. (2008). The Power of Geovisualization. In: Dodge, M., McDerby, M., & Turner, M. (Hrsg.), *Geographic Visualization: Concepts, Tools and Applications*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1 – 10.

Dorling, D. (1994). Cartograms for Visualizing Human Geography. In: Hearnshaw, H. & Unwin, D. (Hrsg.), *Visualization in GIS*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, 85 – 102.

Dransch, D. (1997). *Computer-Animation in der Kartographie: Theorie und Praxis*. Berlin: Springer-Verlag.

Fabrikant, S. I. (2005). Towards an Understanding of Geovisualization with Dynamic Displays: Issues and Prospects. *American Association for Artificial Intelligence*, SS-05-06, 6 – 11.

Fabrikant, S. I., & Goldsberry, K. (2005). Thematic Relevance and Perceptual Salience of Dynamic Geovisualization Displays. *Proceedings, 22th ICA/ACI International Cartographic Conference*, July 2005, A Coruna, Spanien, 11 – 16.

Fabrikant, S. I., Rebich-Hespanha, S., Andrienko, N., Andrienko, G., & Montello, D. R. (2008). Novel Method to Measure Inference Affordance in Static Small-Multiple Map Displays Representing Dynamic Processes. *The Cartographic Journal*, 45(3), 201 – 215.

Field, A. (2011). *Discovering Statistics Using SPSS* (3. Auflage). Los Angeles: Sage.

Garlandini, S., & Fabrikant, S. I. (2009). Evaluating the Effectiveness and Efficiency of Visual Variables for Geographic Information Visualization. In: Hornsby, K. S. et al. (Hrsg.), *Spatial information theory*. Berlin: Springer-Verlag, 195 – 211.

Gastner, M. T., & Newman, M. E. J. (2004). Diffusion-based method for producing density-equalizing maps Previous Methods for Constructing Cartograms. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(20), 7499 – 7504.

Goldsberry, K., & Battersby, S. (2009). Issues of Change Detection in Animated Choropleth Maps. *Cartographica*, 44(3), 201 – 215.

Green, C. S., & Bavelier, D. (2003). Action video games modifies visual selective attention. *Nature*, 423, 534 – 537.

Griffin, A. L., MacEachren, A. M., Hardisty, F., Steiner, E., & Li, B. (2006). A Comparison of Animated Maps with Static Small-Multiple Maps for Visually Identifying Space-Time Clusters. *Annals of the Association of American Geographers*, 96(4), 740 – 753.

Grünreich, D. (1997). Überblick über die aktuellen Entwicklungen der Digitalkartographie. *Kartographische Schriften*, 2, 10 – 16.

Häberling, C., & Hurni, L. (2005). Wie Reisezeit sichtbar wird. In: Axhausen, K. W. & Hurni, L. (Hrsg.), *Zeitkarten der Schweiz 1950 – 2000*. Zürich: ETH Zürich, 63 – 71.

Harrower, M. (2004). A look at the history and future of animated maps. *Cartographica*, 39(3), 33 – 42.

Harrower, M. (2007). The Cognitive Limits of Animated Maps. *Cartographica*, 42(4), 349 – 357.

Harrower, M., & Fabrikant, S. I. (2008). The Role of Map Animation for Geographic Visualization. In: Dodge, M. & et al. (Hrsg.), *Geographic Visualization: Concepts, Tools and Applications*. Chichester, UK: Wiley, 49 – 65.

Huisman, O., Santiago, I. F., Kraak, M.-J., & Retsios, B. (2009). Developing a Geovisual Analytics Environment for Investigating Archaeological Events: Extending the Space-Time-Cube. *Cartography and Geographic Information Science*, 36(3), 225 – 236.

IVT - ETH Zürich. (2012). Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme. <http://www.ivt.ethz.ch/vpl/research/> (Zugriff: 19. März 2012).

Johann, M., & Heidmann, F. (1997). Empirische Untersuchungen zum Einsatz von Arbeitsgraphik in kartographischen Informationssystemen. *Kartographische Schriften*, 2, 99 – 106.

Kaiser, C. (2011). Dynamic Visualisation Of Journey-To-Work Flows Using Map Morphing. *In press*, 266 – 275.

Kaiser, C., Walsh, F., Farmer, C. J. Q., & Pozdnoukhov, A. (2010). User-Centric Time-Distance Representation of Road Networks. In: Fabrikant S. I. & et al. (Hrsg.), *GIScience 2010, September 2010*, Zürich, Schweiz. Berlin: Springer-Verlag, 85 – 99.

Kamada, T., & Kawai, S. (1989). An Algorithm For Drawing General Undirected Graphs. *Information Processing Letters*, 31, 7 – 15.

Killer, V., & Axhausen, K. W. (2011). Functional similarities in spatially correlated location choice models: An idea sketch. *11th Swiss Transport Research Conference*, Mai 2011, Ascona, Schweiz.

Killer, V., Axhausen, K. W., Guth, D., & Holz-Rau, C. (2010). Understanding Regional Effects of Travel Times in Switzerland and Germany 1970 – 2005. *ERSA 50th Conference*, August 2010, Jonkoping, Schweden, 1 – 19.

Klavans, R., & Boyack, K. W. (2006). Identifying a Better Measure of Relatedness. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 57(2), 251 – 263.

Koussoulakou, A., & Kraak, M.-J. (1992). Spatia-temporal maps and cartographic communication. *The Cartographic Journal*, 29(Dezember), 101 – 108.

Kraak, M.-J. (2003). Geovisualization illustrated. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 57(5 – 6), 390 – 399.

Kraak, M.-J. (2010). What has ITC done with Minard's map? ITC. <http://www.itc.nl/personal/kraak/1812/minard-itc.htm> (Zugriff: 26. Juni 2012).

MacEachren, A. M., & Brewer, I. (2001). Kollaborative Geovisualisierung zur Wissensgenerierung und Entscheidungsstützung. *Kartographische Nachrichten*, 4, 185 – 190.

MacEachren, A. M., & Kraak, M.-J. (1997). Guest Editorial Exploratory Cartographic Visualization : Advancing the Agenda. *Computer & Geosciences*, 23(4), 335 – 343.

MacEachren, A. M., & Kraak, M.-J. (2001). Research Challenges in Geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 3 – 12.

Martin, D. (2008). *Doing Psychology Experiments* (7. Auflage). Belmont: Thomson Wadsworth.

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43 – 52.

Network-Workbench. (2008). Network Workbench, Visualize Data / Kamada-Kawaii. <https://nwb.slis.indiana.edu/community/?n=VisualizeData>. Kamada-Kawaii (Zugriff: 22. Juni 2012).

ORACLE. (2012). MySQL. <http://dev.mysql.com/doc/> (Zugriff: 26. Juni 2012).

Onlineumfragen.com GmbH. (2012). Onlineumfragen.com. <http://www.onlineumfragen.com/> (Zugriff: 5. Juli 2012).

Quantum GIS - Development Team. (2012). Quantum GIS. <http://www.qgis.org/> (Zugriff: 27. Februar 2012).

Rase, W.-D. (1997). Kartographische Anamorphosen und verwandte nichtlineare Abbildungen für thematische Karten. *Kartographische Schriften*, 2, 83 – 89.

Rystedt, B., Konecny, M., Li, L., Liebenberg, E., McMaster, R., Morita, T., Virrantaus, K., et al. (2003). *A Strategic Plan for the International Cartographic Association*.

ScapeToad. (2012). ScapeToad. <http://scapetoad.choros.ch/> (Zugriff: 5. März 2012).

Schuler, M., Dessementet, P., Jemelin, C., Jarne, A., Pasche, N., & Haug, W. (2007). *Atlas des räumlichen Wandels der Schweiz*. Bundesamt für Statistik, Neuchâtel: Neue Zürcher Zeitung.

Simons, D. J., & Rensink, R. A. (2005). Change blindness: past, present, and future. *Trends in cognitive sciences*, 9(1), 16 – 20.

Sinton, D. F. (1978). *The Inherent Structure Of Information As A Constraint To Analysis: Mapped Thematic Data As A Case Study*, 1 – 17.

Skinner, B. (2012). Gut erschlossen billig wohnen. *SonntagsZeitung*, 12. August 2012, 1 – 3.

Slocum, T.A., Blok, C., Jiang, B., Koussoulakou, A., Montello, D. R., Fuhrmann, S., & Hedley, N. R. (2001). Cognitive and Usability Issues in Geovisualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 28(1), 61 – 75.

Slocum, T. A., Sluter Jr., R. S., Kessler, F. C., & Yoder, S. C. (2004). A Qualitative Evaluation of MapTime, A Program For Exploring Spatiotemporal Point Data. *Cartographica*, 39(3), 43 – 68.

Sommer, H., Lieb, C., Marti, P., Waldvogel, S., & Helg, R. (2005). Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. *Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)*, Bern.

Tobler, W. (2004). Thirty Five Years of Computer Cartograms. *Europe*, 94(1), 58 – 73.

Tschopp, M. (2007). *Verkehrsinfrastruktur und räumliche Entwicklung in der Schweiz 1950 – 2000*. Dissertation. Zürich: Geographisches Institut der Universität Zürich.

Tschopp, M., Fröhlich, P., & Axhausen, K. W. (2006). Accessibility development and its spatial impacts in Switzerland 1950 – 2000. *6th Swiss Transport Research Conference*, März 2006, Ascona, Schweiz.

Tufte, E. (1991). *Envisioning Information* (2. Auflage). Cheshire, Connecticut: Graphics Press.

Tversky, B., Bauer, J., & Betrancourt, M. (2002). Animation : can it facilitate ? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 247 – 262.

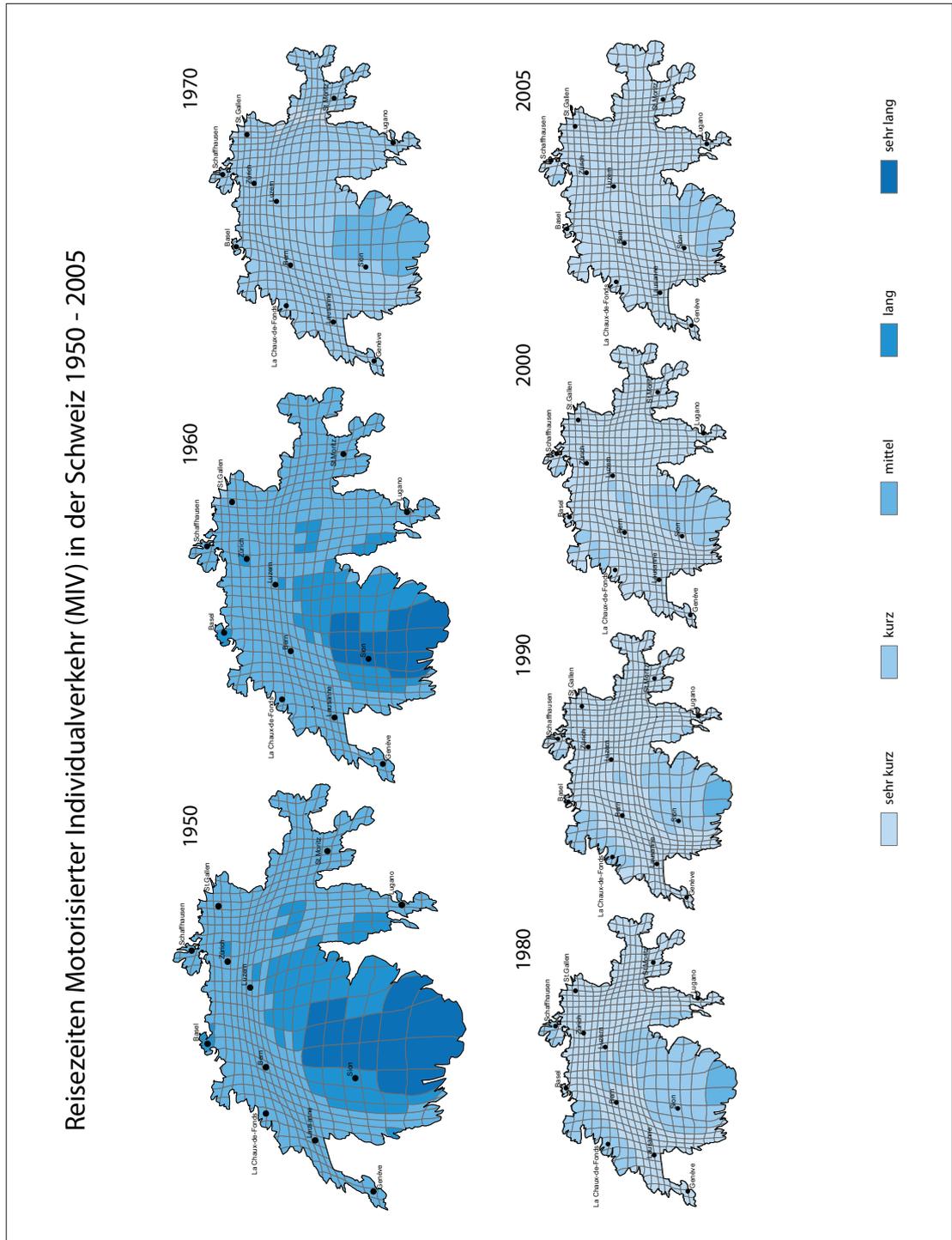
Universität Zürich. (2012). Ethik in der Forschung. <http://www.phil.uzh.ch/forschung/ethik.html> (Zugriff: 21. Mai 2012).

VSS-Fachkommission. (2006). *SN 641 820 Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr, Grundnorm*. Zürich.

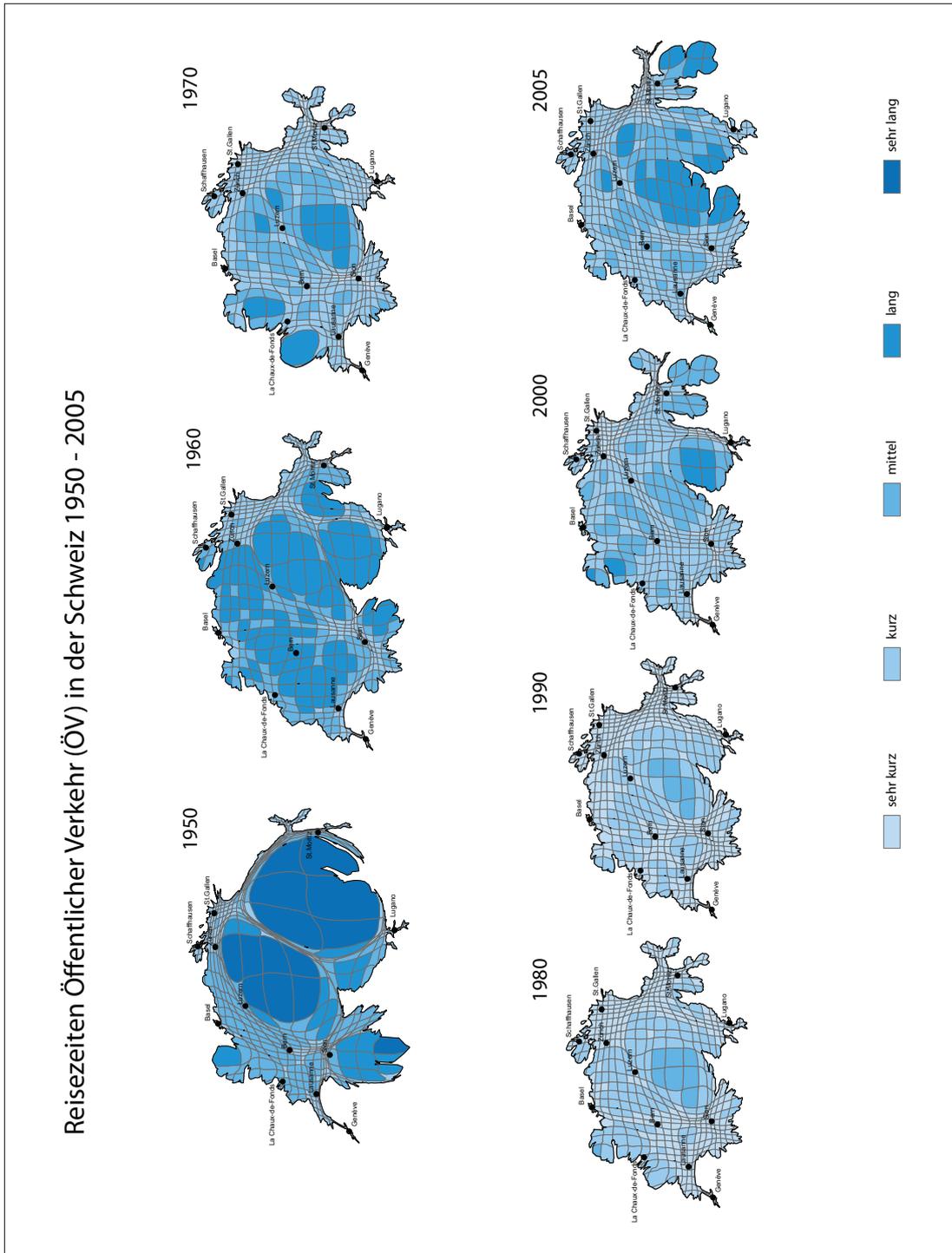
9 ANHANG

A1: Karten

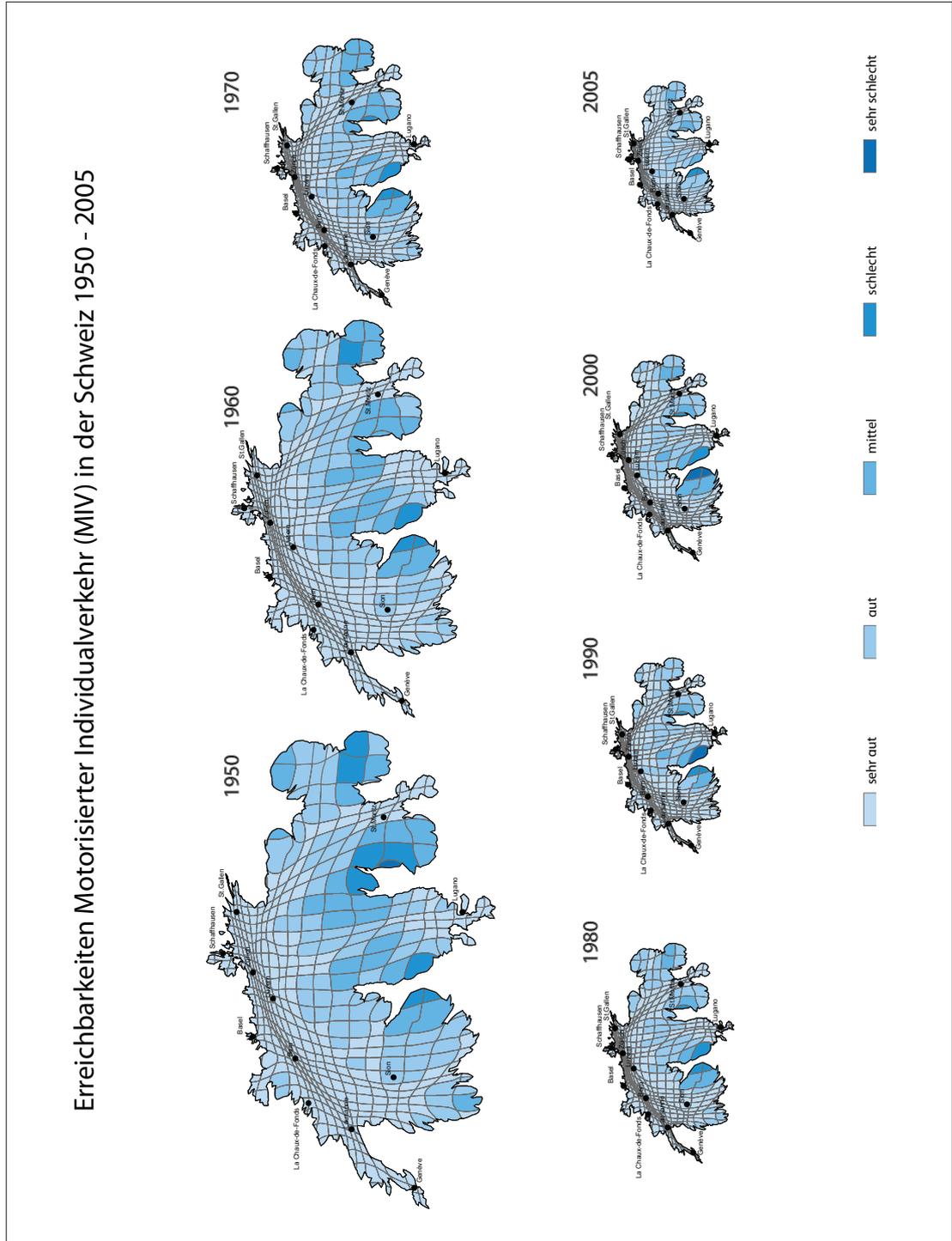
A1.1 Reisezeiten Motorisierter Individualverkehr (MIV) in der Schweiz 1950 – 2005



A1.2 Reisezeiten Öffentlicher Verkehr (ÖV) in der Schweiz 1950 – 2005

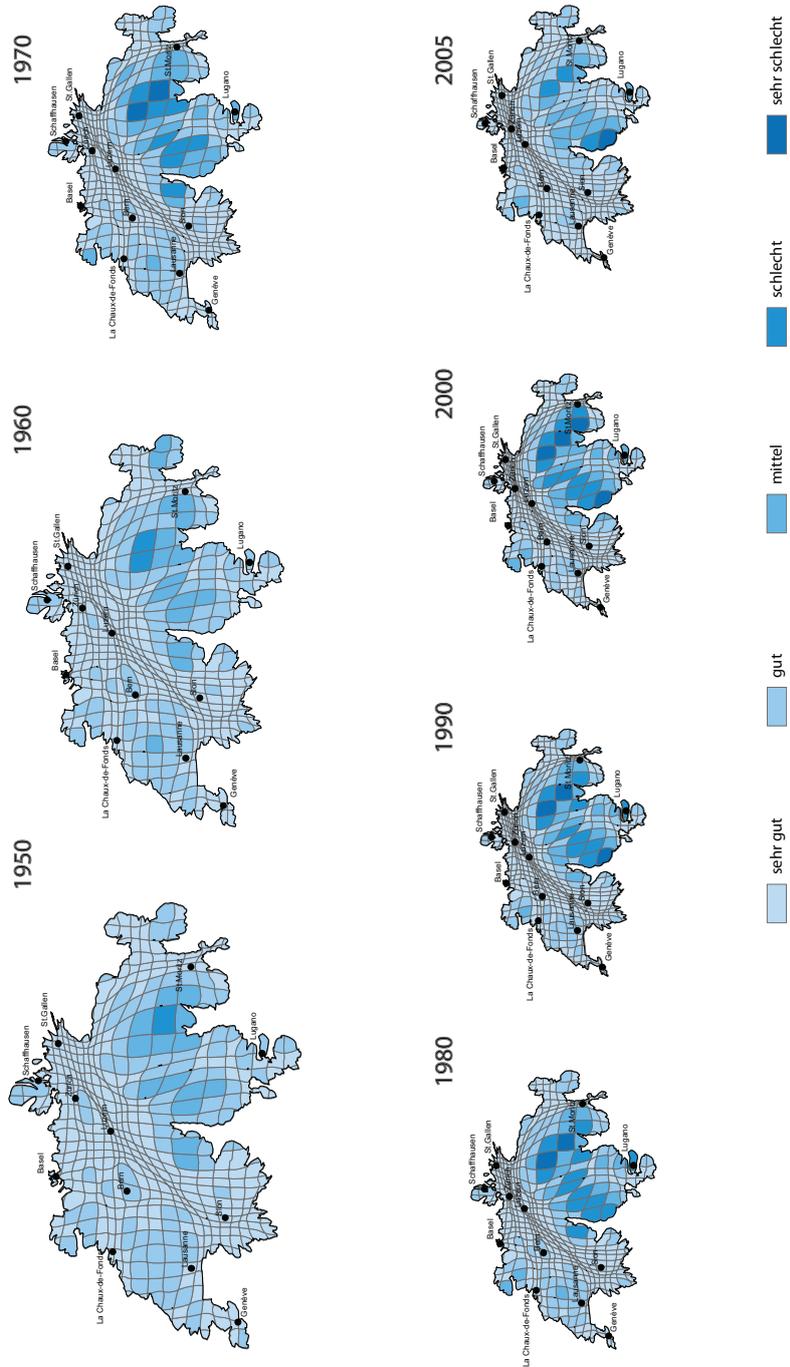


A1.3 Erreichbarkeiten Motorisierter Individualverkehr (MIV) in der Schweiz 1950 – 2005



A1.4 Erreichbarkeiten Öffentlicher Verkehr (ÖV) in der Schweiz 1950 – 2005

Erreichbarkeiten Öffentlicher Verkehr (ÖV) in der Schweiz 1950 - 2005



A2: Einwilligungsfomular Experiment

Universität Zürich - Teilnehmerinformation und Einwilligungsfomular Empirische Evaluation einer Visualisierungsmethode in der Verkehrsplanung
Juni 2012
Teilnehmernummer:

Zweck der Studie

Sie sind eingeladen, an einer Studie über die Evaluation von statischen und animierten Karten teilzunehmen. Ich möchte dabei Informationen über die Verwendung von diesen Karten gewinnen.

Ablauf der Studie und damit verbundene Risiken

Falls Sie sich entscheiden an der Studie teilzunehmen, werden Sie gebeten, die Umfrage mit den Aufgaben am Computer zu lösen. Es werden dabei die benötigte Antwortzeit, ihre Bewegungen mit der Maus sowie die Richtigkeit der Fragen aufgezeichnet.

Der Versuch dauert ungefähr 15 Minuten und beinhaltet keinerlei Risiken für Sie.

Vertraulichkeit der Daten

Jegliche Information, die während der Studie in Verbindung mit Ihnen gebracht werden kann, wird vertraulich behandelt und nur mit Ihrer ausdrücklichen Erlaubnis an Dritte weitergegeben. Mit Ihrer Unterschrift erlauben Sie mir, die Ergebnisse des Versuchs mehrmals zu publizieren. Dabei werden keinerlei Informationen veröffentlicht, die es ermöglichen, Sie zu identifizieren.

Abfindung

Ich biete keine Entschädigung für die Teilnahme an der Studie an. Auch Kosten, die Ihnen für die Teilnahme an der Studie entstehen, werden nicht erstattet.

Bekanntgabe der Ergebnisse

Wenn Sie über die Ergebnisse der Studie auf dem Laufenden gehalten werden möchten, bitte ich Sie, mir Ihre Anschrift zu hinterlassen. Eine Kopie der Publikation(en) wird Ihnen daraufhin zugestellt.

Einwilligung

Ihre Entscheidung, an der Studie teilzunehmen oder nicht, wird etwaige zukünftige Beziehungen mit der Universität Zürich nicht beeinträchtigen. Entscheiden Sie sich dafür, an der Studie teilzunehmen, steht es Ihnen jederzeit frei, die Teilnahme ohne Begründung abzubrechen.

Sollten Sie Fragen haben, zögern Sie bitte nicht, mir diese zu stellen. Sollten zu einem späteren Zeitpunkt Fragen aufkommen, werde ich (Nicola Kugelmeier, nicola.kugelmeier@uzh.ch) diese gerne beantworten.

Sie erhalten eine Kopie dieses Dokuments.

Universität Zürich - **Teilnehmerinformation und Einwilligungsformular**
Empirische Evaluation einer Visualisierungsmethode in der Verkehrsplanung

Juni 2012

Teilnehmernummer:

Mit Ihrer Unterschrift bestätigen Sie, oben stehende Informationen gelesen und verstanden zu haben und willigen ein, unter den dort beschriebenen Bedingungen am Experiment teilzunehmen.

.....

Unterschrift des Teilnehmers

.....

Unterschrift des Experimentleiters

.....

Vor- und Nachname in Blockschrift

.....

Vor- und Nachname in Blockschrift

.....

Ort / Datum

Universität Zürich - **Teilnehmerinformation und Einwilligungsformular**
Empirische Evaluation einer Visualisierungsmethode in der Verkehrsplanung

Juni 2012

Teilnehmernummer:

WIDERRUF DER EINWILLIGUNG

Hiermit möchte ich meine Einwilligung, an der oben beschriebenen Studie teilzunehmen, widerrufen.

.....

Unterschrift

.....

Ort / Datum

.....

Vor- und Nachname in Blockschrift

Mit dem Widerruf der Einwilligung beeinträchtigen Sie in keiner Weise Ihre Beziehungen mit der Universität Zürich. Der Widerruf kann jederzeit und ohne Angabe von Gründen beantragt werden.

Den Widerruf der Einwilligung bitte an *Nicola Kugelmeier, Röschibachstrasse 24, 8037 Zürich* senden.

A3: Experiment

A3.1 Bildschirmfoto Einleitung

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Einleitung

Reisezeitveränderung in der Schweiz

Liebe Teilnehmende

Im Rahmen meiner Masterarbeit am Geographischen Institut der Universität Zürich führe ich eine empirische Studie durch. Der vorliegende Fragebogen dient der Evaluation von statischen und animierten Anamorphosen. Eine Anamorphose ist eine verzerrte kartographische Darstellung der geographischen Fläche. In den folgenden Darstellungen wird die Fläche auf Grund der Reisezeiten verzerrt. Die Darstellungen veranschaulichen die historische Entwicklung der Reisezeiten des motorisierten Individualverkehrs (MIV) von 1950 bis 2000 in der Schweiz.

Das Ziel dabei ist herauszufinden, ob bei den statischen oder animierten Karten die **Veränderungen** der Reisezeiten besser erkannt werden können. Es wird anhand eines Zufallsalgorithmus entschieden, ob Ihnen statische oder animierte Karten gezeigt werden. Bei den **statischen** Karten werden Ihnen alle 6 Karten (1950, 1960, 1970, 1980, 1990 und 2000) gleichzeitig angezeigt. Die **animierten** Karten werden einzeln angezeigt und können über **Interaktionsbuttons** gesteuert werden: Start, Pause, an den Anfang und ans Ende. Bei drei Fragen können Sie zusätzlich mit der Maus über die Jahreszahlen fahren (sogenanntes **mouseover**) wobei jeweils die entsprechende Karte angezeigt wird.

Zwei Hinweise zur Orientierung:

Hohe Geschwindigkeiten haben eine kurze Reisezeit zur Folge.
Je grösser die Flächen desto länger ist die Reisezeit.

Nun heisse ich Sie herzlich Willkommen bei der Umfrage und wünsche Ihnen viel Vergnügen beim Ausfüllen.

Dauer

15 min

Autorin

Nicola Kugelmeier, Geographisches Institut Universität Zürich

[Zur ersten Frage!](#)

Stimuli Design statische Karten

A3.2 Bildschirmfoto Hinweis zu Zufallsalgorithmus statische Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Hinweis

Anhand des Zufallsalgorithmus wurde entschieden, dass Ihnen die statischen Karten gezeigt werden.

Als erstes wird Ihnen dazu eine Beispielfrage angezeigt, welche Sie auf die nachfolgenden Fragen vorbereiten soll. Falls noch Unklarheiten bestehen, melden Sie sich bitte, so dass diese vor Beginn des eigentlichen Fragebogens noch geklärt werden können.

Anschliessend werden Ihnen die eigentlichen Fragen zur Evaluation angezeigt. Ich bitte Sie diese Fragen bestmöglichst zu beantworten. Aufgezeichnet werden die Zeit, welche Sie zur Beantwortung der Fragen benötigen, die Bewegungen der Maus, sowie die Richtigkeit der Antworten. Bitte nehmen Sie sich soviel Zeit wie Sie brauchen!

Insgesamt umfasst dieser Teil 6 Fragen, wobei jeder Frage noch eine Zusatzfrage angehängt ist. Sie werden alle 6 Karten gleichzeitig sehen und keine Interaktionsmöglichkeit haben.

[weiter...](#)

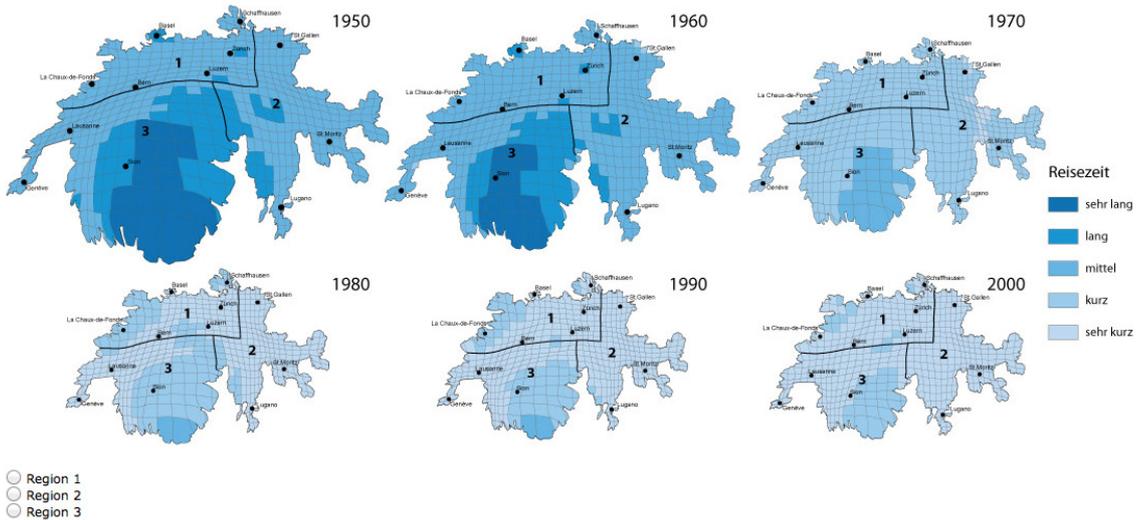
A3.3 Bildschirmfoto Beispielfrage statische Karten



Statische Karten

Beispielfrage

In welcher Region ist die Reisezeit im Jahr 1980 am kürzesten?



Speichern - nächste Frage

A3.4 Bildschirmfoto Hinweis zu Start Evaluationsfragen



Statische Karten

Hinweis

Wenn Sie bereit sind, werden Ihnen die eigentlichen Fragen zur Evaluation angezeigt. Falls noch Unklarheiten bestehen, melden Sie sich bitte, so dass diese vor Beginn des eigentlichen Fragebogens geklärt werden können.

Ich bin bereit

Speichern - nächste Frage

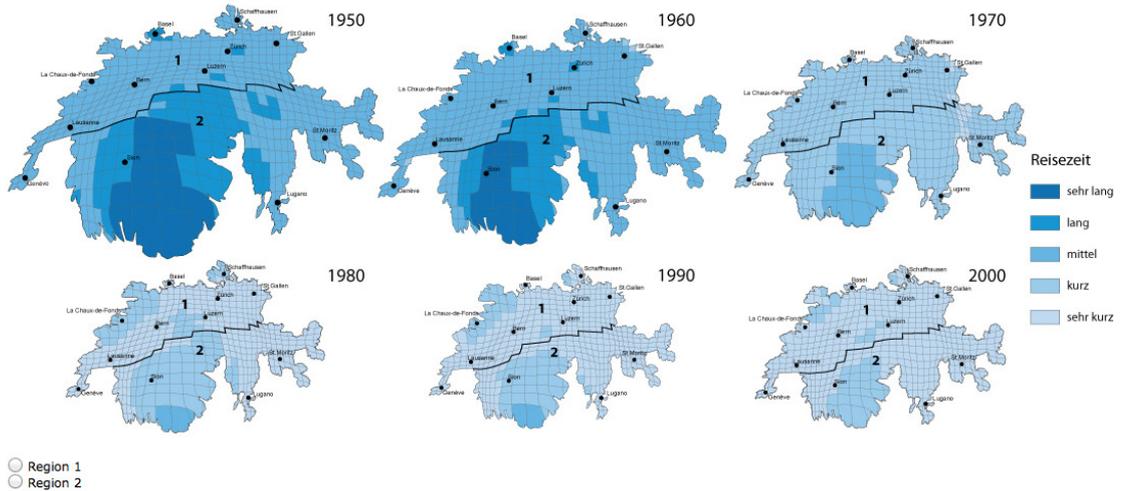
A3.5 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 1 statische Karten



Statische Karten

Frage 1

In welcher Region ist die Veränderung der Reisezeit am grössten?



A3.6 Bildschirmfoto Zusatzfrage 1



Statische Karten

Zusatz zu Frage 1

Was hat Ihnen geholfen die vorhergehende Frage zu beantworten?
(z.B. Grösse, Farbe, Form, Verzerrung etc)

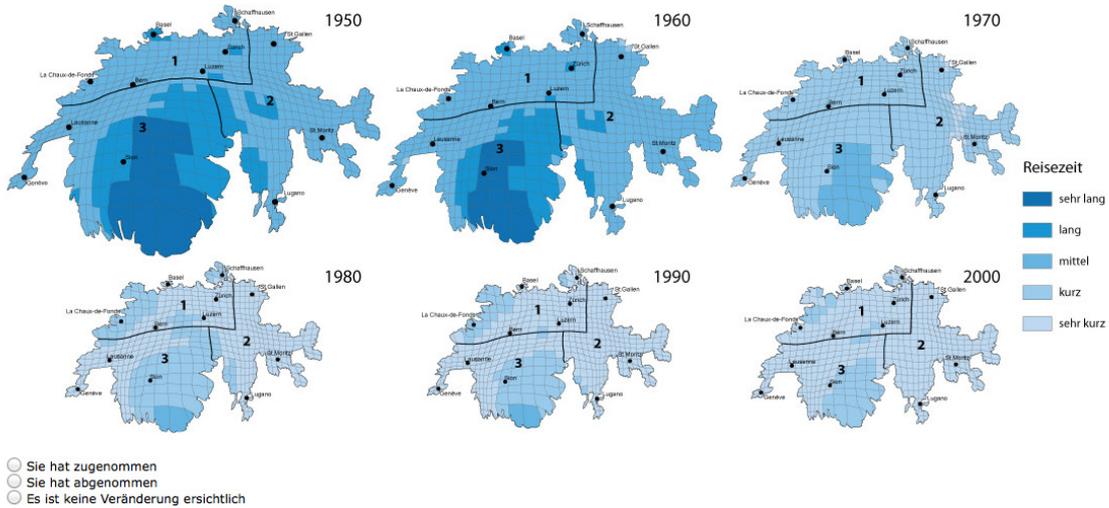
A3.7 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 2 statische Karten



Statische Karten

Frage 2

Wie hat sich die Reisezeit in der Region 1 verändert?



Speichern - nächste Frage

A3.8 Bildschirmfoto Zusatzfrage 2



Statische Karten

Zusatz zu Frage 2

Wie sicher sind Sie sich bei Ihrer Antwort zur vorhergehenden Frage?

- sehr sicher
- sicher
- neutral
- unsicher
- sehr unsicher

Speichern - nächste Frage

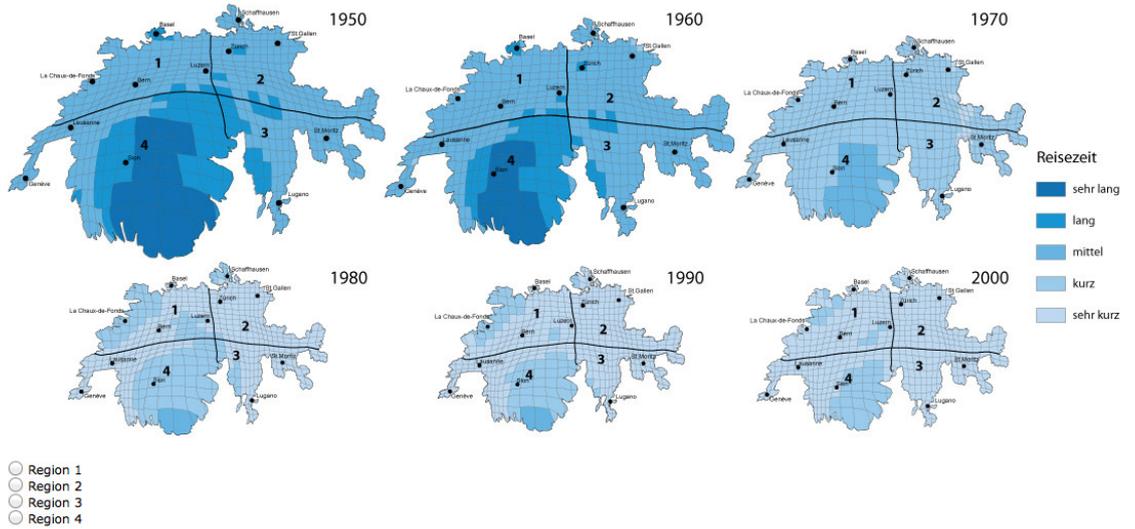
A3.9 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 3 statische Karten



Statische Karten

Frage 3

Wo hat sich die Reisezeit von 1980 - 2000 am deutlichsten verlängert?



Speichern - nächste Frage

A3.10 Bildschirmfoto Zusatzfrage 3



Statische Karten

Zusatz zu Frage 3

Was hat Ihnen geholfen die vorhergehende Frage zu beantworten?
(z.B. Grösse, Farbe, Form, Verzerrung etc)

Speichern - nächste Frage

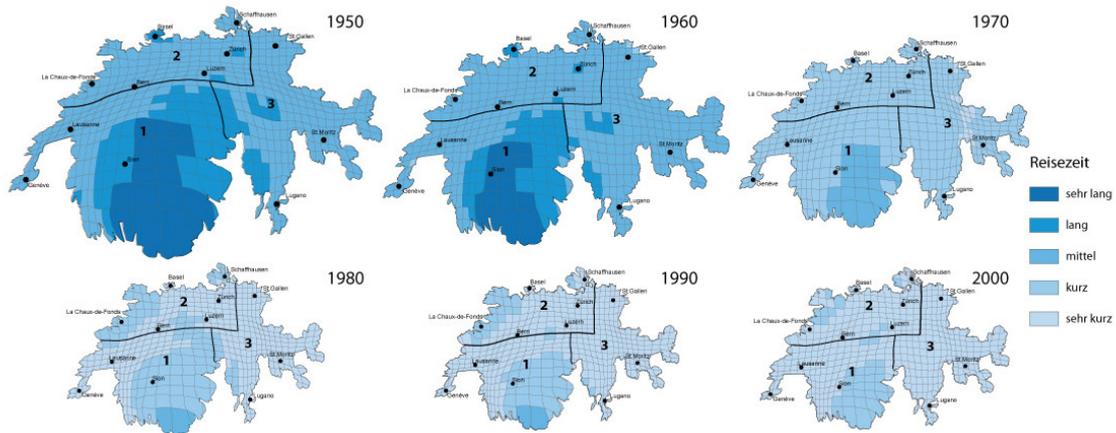
A3.11 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 4 statische Karten



Statische Karten

Frage 4

Wann war die Reisezeit in Region 2 am kürzesten?



- 1950
- 1960
- 1970
- 1980
- 1990
- 2000

Speichern - nächste Frage

A3.12 Bildschirmfoto Zusatzfrage 4



Statische Karten

Zusatz zu Frage 4

Wie sicher sind Sie sich bei Ihrer Antwort zur vorhergehenden Frage?

- sehr sicher
- sicher
- neutral
- unsicher
- sehr unsicher

Speichern - nächste Frage

A3.13 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 5 statische Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

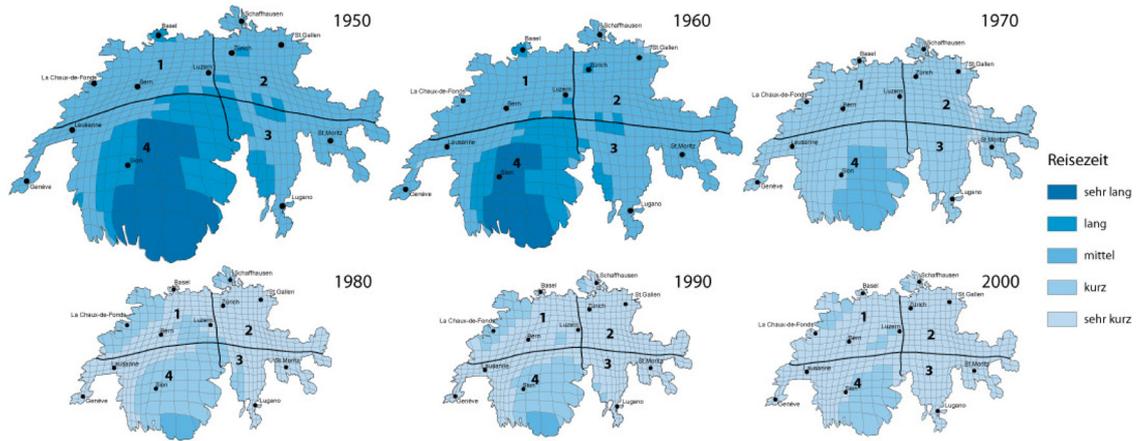
Universität Zürich
Geographisches Institut



Statische Karten

Frage 5

Wie lange hat es gedauert, bis in Region 3 eine Veränderung der Reisezeit festzustellen ist?



- 10 Jahre
- 20 Jahre
- 30 Jahre
- 40 Jahre
- 50 Jahre

Speichern - nächste Frage

A3.14 Bildschirmfoto Zusatzfrage 5

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Statische Karten

Zusatz zu Frage 5

Was hat Ihnen geholfen die vorhergehende Frage zu beantworten?
(z.B. Grösse, Farbe, Form, Verzerrung etc)

Speichern - nächste Frage

A3.15 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 6 statische Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

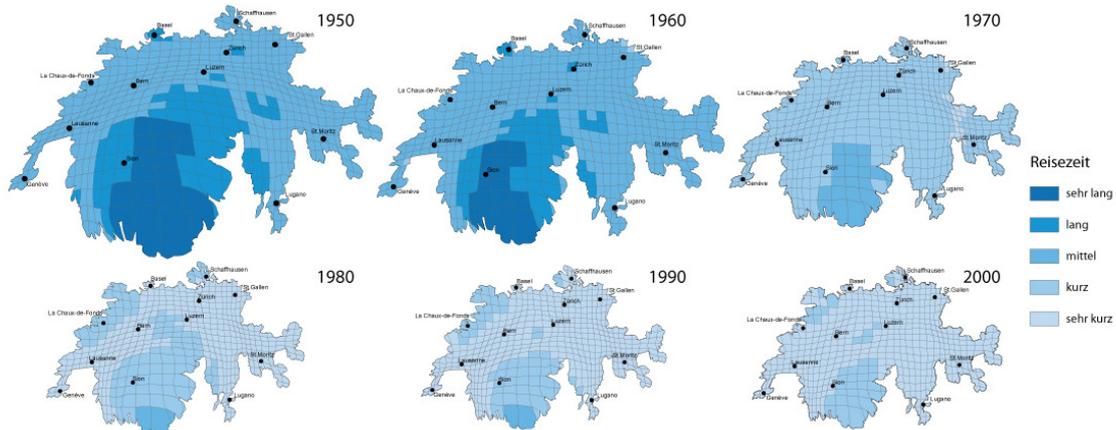
Universität Zürich
Geographisches Institut



Statische Karten

Frage 6

Wie hat sich die Reisezeit über die gesamte Zeit entwickelt?



- Sie hat sich verkürzt
- Sie hat sich verlängert
- Es ist keine Veränderung über die gesamte Zeit feststellbar
- Es ist kein allgemeiner Trend feststellbar

[Speichern - nächste Frage](#)

A3.16 Bildschirmfoto Zusatzfrage 6

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Statische Karten

Zusatz zu Frage 6

Wie sicher sind Sie sich bei Ihrer Antwort zur vorhergehenden Frage?

- sehr sicher
- sicher
- neutral
- unsicher
- sehr unsicher

[Speichern - nächste Frage](#)

Stimuli Design animierte Karten

(Die Zusatzfragen sind analog zum statischen Stimuli Design und werden deshalb nicht nochmals aufgeführt.)

A3.17 Bildschirmfoto Hinweis zu Zufallsalgorithmus animierte Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Hinweis

Anhand des Zufallsalgorithmus wurde entschieden, dass Ihnen die animierten Karten gezeigt werden.

Als erstes wird Ihnen dazu eine Beispielfrage angezeigt, welche Sie auf die nachfolgenden Fragen vorbereiten soll. Falls noch Unklarheiten bestehen, melden Sie sich bitte, so dass diese vor Beginn des eigentlichen Fragebogens noch geklärt werden können.

Anschließend werden Ihnen die eigentlichen Fragen zur Evaluation angezeigt. Ich bitte Sie diese Fragen bestmöglichst zu beantworten. Aufgezeichnet werden die Zeit, welche Sie zur Beantwortung der Fragen benötigen, die Bewegungen der Maus (z.B. wie oft Sie die Animation laufen lassen), sowie die Richtigkeit der Antworten. Bitte nehmen Sie sich soviel Zeit wie Sie brauchen!

Insgesamt umfasst dieser Teil 6 Fragen, wobei jeder Frage noch eine Zusatzfrage angehängt ist.

Die Animation kann über Interaktionsbuttons gesteuert werden:

- Startknopf: zum Starten der Animation
- Pausenknopf: zum Anhalten der Animation
- Vorwärtsknopf: damit kann ans Ende der Animation gesprungen werden
- Rückwärtsknopf: damit kann zum Beginn der Animation gesprungen werden.

Bei drei Fragen können Sie zusätzlich mit der Maus über die Jahreszahlen fahren (sogenanntes **mouseover**) wobei jeweils die entsprechende Karte angezeigt wird.

weiter...

A3.18 Bildschirmfoto Beispielfrage animierte Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



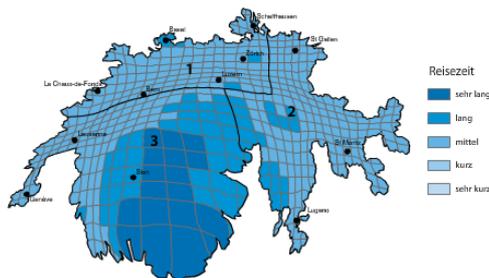
Animierte Karten

Beispielfrage

In welcher Region ist die Reisezeit im Jahr 1980 am kürzesten?

(mouseover ist **aktiv**)

Bitte testen Sie die verschiedenen Funktionen der Animation.



1950 1960 1970 1980 1990 2000



- Region 1
- Region 2
- Region 3

Speichern - nächste Frage

A3.19 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 1 animierte Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

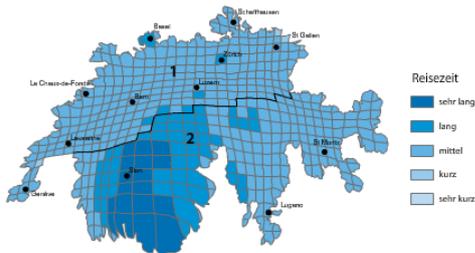
Universität Zürich
Geographisches Institut



Animierte Karten

Frage 1

In welcher Region ist die Veränderung der Reisezeit am grössten?



1950 1960 1970 1980 1990 2000

- Region 1
- Region 2

Speichern - nächste Frage

A3.20 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 2 animierte Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

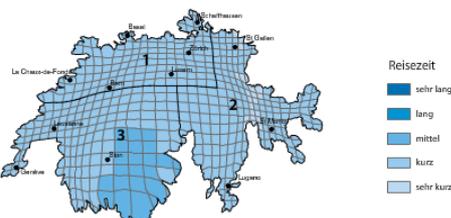
Universität Zürich
Geographisches Institut



Animierte Karten

Frage 2

Wie hat sich die Reisezeit in der Region 1 verändert?
(mouseover ist **aktiv**)



1950 1960 1970 1980 1990 2000

- Sie hat zugenommen
- Sie hat abgenommen
- Es ist keine Veränderung ersichtlich

Speichern - nächste Frage

A3.21 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 3 animierte Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

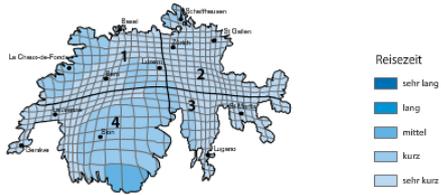
Universität Zürich
Geographisches Institut



Animierte Karten

Frage 3

Wo hat sich die Reisezeit von 1980 - 2000 am deutlichsten verlängert?
(mouseover ist **aktiv**)



1950 1960 1970 **1980** 1990 2000



- Region 1
- Region 2
- Region 3
- Region 4

Speichern - nächste Frage

A3.22 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 4 animierte Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

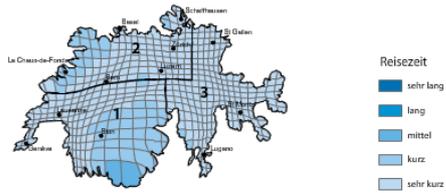
Universität Zürich
Geographisches Institut



Animierte Karten

Frage 4

Wann war die Reisezeit in Region 2 am kürzesten?



1950 1960 1970 1980 **1990** 2000



- 1950
- 1960
- 1970
- 1980
- 1990
- 2000

Speichern - nächste Frage

A3.23 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 5 animierte Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

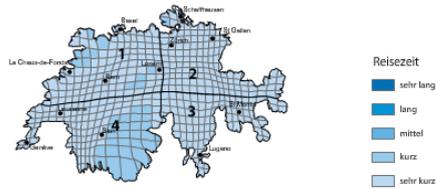
Universität Zürich
Geographisches Institut



Animierte Karten

Frage 5

Wie lange hat es gedauert, bis in Region 3 eine Veränderung der Reisezeit festzustellen ist?
(mouseover ist **aktiv**)



1950 1960 1970 1980 1990 **2000**

- 10 Jahre
- 20 Jahre
- 30 Jahre
- 40 Jahre
- 50 Jahre

Speichern - nächste Frage

A3.24 Bildschirmfoto Evaluationsfrage 6 animierte Karten

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

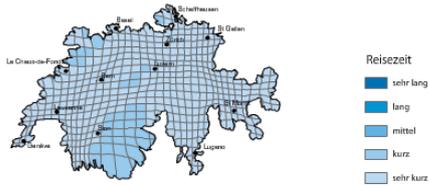
Universität Zürich
Geographisches Institut



Animierte Karten

Frage 6

Wie hat sich die Reisezeit über die gesamte Zeit entwickelt?



1950 1960 1970 1980 1990 **2000**

- Sie hat sich verkürzt
- Sie hat sich verlängert
- Es ist keine Veränderung über die gesamte Zeit feststellbar
- Es ist kein allgemeiner Trend feststellbar

Speichern - nächste Frage

Soziodemografie

A3.25 Bildschirmfoto Hinweis zu Soziodemografie

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Hinweis

Es folgen nun noch ein paar Fragen zu Ihrer Person.

[weiter...](#)

A3.26 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 1: Geschlecht

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 1

Was ist Ihr Geschlecht?

- Männlich
 Weiblich
 Keine Angabe

[Speichern - nächste Frage](#)

A3.27 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 2: Jahrgang

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 2

In welchem Jahr sind Sie geboren?

- Keine Angabe

[Speichern - nächste Frage](#)

A3.28 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 3: Tätigkeit

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 3

Was ist Ihre Tätigkeit/Beruf?

Mehrfachantwort möglich - Maximal 2 Antworten

- In Ausbildung (SchülerIn/StudentIn/Lehre)
- Vollzeit berufstätig
- Teilzeit berufstätig
- Auf Arbeitssuche
- Hausfrau/-mann
- Rentnerin/Rentner
- Erwerbsunfähig
- Erwerbsuntätig

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.29 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 4: Studienjahr

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 4

In welchem Studienjahr befinden Sie sich?

- 1. Studienjahr
- 2. Studienjahr
- 3. Studienjahr
- 4. Studienjahr
- 5. Studienjahr
- 6. Studienjahr
- 7. Studienjahr
- Studium bereits abgeschlossen
- Kein Studium absolviert

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.30 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 5: Ausbildungsabschluss

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 5

Was ist Ihr letzter Ausbildungsabschluss?

- Primarschule
- Ober-, Real-, Sekundarschule
- Mittelschule (Gymnasium, Kantonsschule)
- Berufsfachschule/Berufsschule mit Abschluss/Diplom
- Fachhochschule
- Universität

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.31 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 6: Ausbildungshintergrund

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 6

Ist Ihr Ausbildungshintergrund

Mehrfachantwort möglich - Maximal 2 Antworten

- Geographisch
- Nicht geographisch
- Verkehrsplanerisch
- Nicht verkehrsplanerisch

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.32 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 7: Kartenbenutzung

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 7

Wie oft benutzen Sie Karten in Ihrem Alltag?

- Täglich
- Mehrmals wöchentlich
- Einmal wöchentlich
- Mehrmals im Monat
- Einmal im Monat
- Mehrmals pro Jahr
- Einmal im Jahr oder seltener

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.33 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 8: Kartenelemente

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 8

Welche Kartenelemente haben Ihnen geholfen die Fragen zu beantworten?

Mehrfachantwort möglich

- Legende
- Jahreszahlen

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.34 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 9: Verkehrsmittelwahl Alltag

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 9

Welche Verkehrsmittel benutzen Sie in Ihrem Alltag am häufigsten (z.B. zur Arbeit/Ausbildung)?

Mehrfachantwort möglich - Maximal 2 Antworten

- Zu Fuss
- Velo
- Öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Tram, Zug)
- Auto

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.35 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 10: Verkehrsmittelbenutzung Alltag

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 10

Wie oft benutzen Sie diese Verkehrsmittel im Alltag?

- Mehrmals Täglich
- Täglich
- Mehrmals wöchentlich
- Wöchentlich

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.36 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 11: Verkehrsmittelwahl Freizeit

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 11

Welche Verkehrsmittel benutzen Sie in Ihrer Freizeit am häufigsten?

Mehrfachantwort möglich - Maximal 2 Antworten

- Zu Fuss
- Velo
- Öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Tram, Zug)
- Auto
- Flugzeug

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.37 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 12: Verkehrsmittelbenutzung Freizeit

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 12

Wie oft benutzen Sie diese Verkehrsmittel in der Freizeit?

- Täglich
- Mehrmals wöchentlich
- Einmal wöchentlich
- Mehrmals im Monat
- Einmal im Monat
- Mehrmals pro Jahr
- Einmal im Jahr oder seltener

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.38 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 13: Wohnort

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 13

In welchem Wohnort sind Sie mehrheitlich aufgewachsen?

- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.39 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 14: Kilometer Wochentag

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemographie

Frage 14

Wie viele Kilometer legen Sie durchschnittlich an einem Wochentag zurück (z.B. Hin und Rückweg zu Arbeits- oder Ausbildungsort)?

-
- Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.40 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 15: Kilometer Ferien

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



QUESTION

Soziodemographie

Frage 15

Wie viele Kilometer legen Sie durchschnittlich in den Ferien zurück (z.B. Hin- und Rückreise der letzten Ferien)?

Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.41 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 16: Autoverfügbarkeit

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



QUESTION

Soziodemographie

Frage 16

Steht Ihnen ein Auto zur Verfügung?

- Ja
 Nein
 Carsharing (z.B. Mobility)

Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.42 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 17: Abonnementbesitz

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



QUESTION

Soziodemographie

Frage 17

Besitzen Sie ein Abonnement für den öffentlichen Verkehr?

Mehrfachantwort möglich - Maximal 3 Antworten

- Generalabonnement
 Halbtax
 Gleis 7
 Jahresabonnement für eine Region/Strecke
 Monatsabonnement für eine Region/Strecke
 Kein Abonnement

Keine Angabe

Speichern - nächste Frage

A3.43 Bildschirmfoto Soziodemografie Frage 18: Rückmeldungen

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Soziodemografie

Frage 18

Haben Sie Verbesserungsvorschläge/Kommentare zur vorliegenden Arbeit?

Speichern - nächste Frage

A3.44 Bildschirmfoto: Dank

EMPIRISCHE EVALUATION EINER VISUALISIERUNGSMETHODE IN
DER VERKEHRSPLANUNG

Umfrage Masterarbeit

Universität Zürich
Geographisches Institut



Danke!



Reisezeitveränderung in der Schweiz

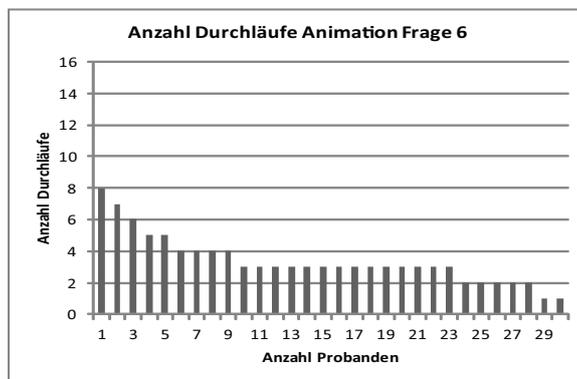
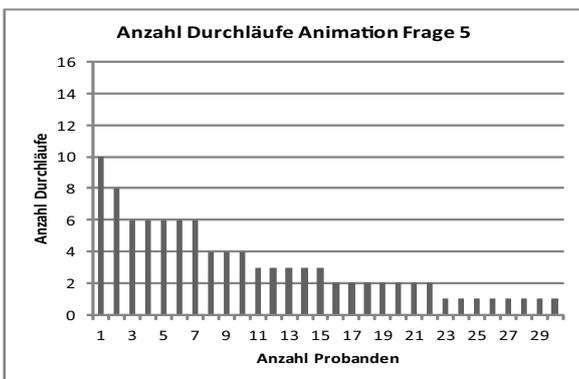
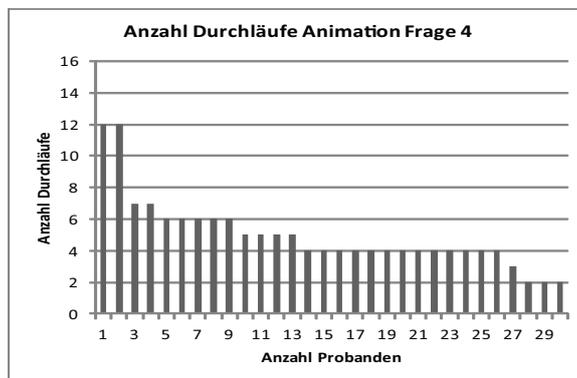
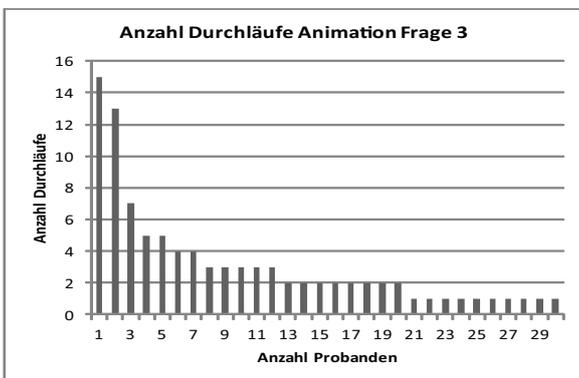
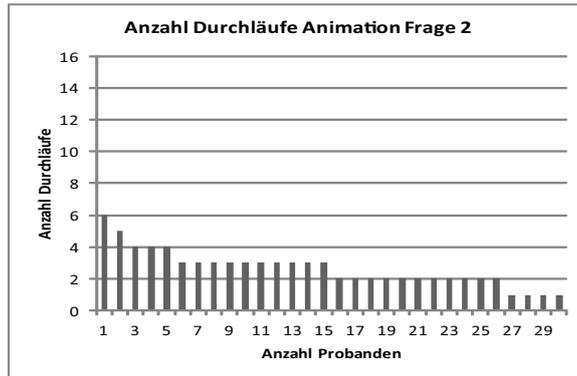
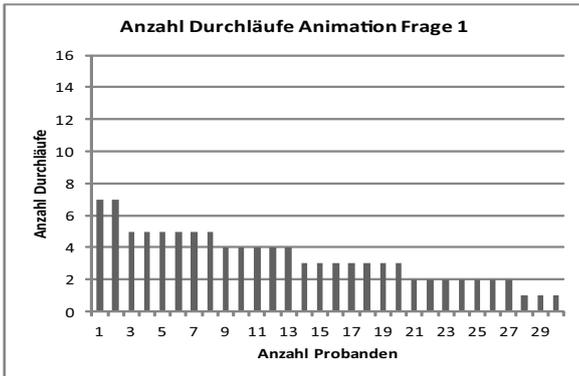
Besten Dank für das Ausfüllen des Fragebogens. Sie haben einen wesentlichen Teil zu meiner Abschlussarbeit beigetragen. Bei Fragen, Kommentaren oder wenn Sie eine Bekanntgabe der Ergebnisse wünschen, wenden Sie sich bitte per Email an nicola.kugelmeier@uzh.ch

Autorin

Nicola Kugelmeier, Geographisches Institut Universität Zürich

[Alles beantwortet - Umfrage schliessen](#)

A4: Animationsdurchläufe



A5: Statistik SPSS

A5.1: Deskriptive Statistik Antwortzeit

Descriptive Statistics					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
summe_zeit	60	8	692	271.68	133.009
mittelwert_zeit	60	1	115	45.28	22.167
antwortzeit_raum	60	3	387	114.78	75.288
antwortzeit_zeit	60	3	362	95.62	55.692
antwortzeit_attribut	60	2	185	61.28	30.928
Valid N (listwise)	60				

A5.2: Univariate ANOVA: Antwortzeit je Kartentyp

Descriptive Statistics			
Dependent Variable: summe_zeit			
statisch_animiert	Mean	Std. Deviation	N
statisch	251.8	129.853	30
animiert	291.57	135.325	30
Total	271.68	133.009	60

Tests of Between-Subjects Effects							
Dependent Variable: summe_zeit							
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Corrected Model	23720.817	1	23720.817	1.349	0.25	1.349	0.208
Intercept	4428710.017	1	4428710.017	251.811	0	251.811	1
typ	23720.817	1	23720.817	1.349	0.25	1.349	0.208
Error	1020070.167	58	17587.417				
Total	5472501	60					
Corrected Total	1043790.983	59					

a. R Squared = .023 (Adjusted R Squared = .006)

b. Computed using alpha = .05

A5.3: GLM repeated measures: Antwortzeit je Fragetyp und Kartentyp

Within-Subjects Factors	
Measure: MEASURE_1	Dependent Variable
fragetyp	1 rt_raum
	2 rt_zeit
	3 rt_attribut

Between-Subjects Factors		
	Value Label	N
statisch_animiert	0 statisch	30
	1 animiert	30

Descriptive Statistics				
statisch_animiert				
antwortzeit_raum	statisch	Mean	Std. Deviation	N
	statisch	115.97	86.737	30
	animiert	113.6	63.294	30
	Total	114.78	75.288	60
antwortzeit_zeit	statisch	83.03	41.8	30
	animiert	108.2	65.078	30
	Total	95.62	55.692	60
antwortzeit_attribut	statisch	52.8	24.337	30
	animiert	69.77	34.71	30
	Total	61.28	30.928	60

Tests of Within-Subjects Effects								
Measure: MEASURE_1								
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a	
fragetyp	Sphericity Assumed	88167.778	2	44083.889	23.251	0	46.502	1
	Greenhouse-Geisser	88167.778	1.468	60071.426	23.251	0	34.126	1
	Huynh-Feldt	88167.778	1.522	57914.888	23.251	0	35.396	1
	Lower-bound	88167.778	1	88167.778	23.251	0	23.251	0.997
fragetyp * typ	Sphericity Assumed	5995.511	2	2997.756	1.581	0.21	3.162	0.329
	Greenhouse-Geisser	5995.511	1.468	4084.927	1.581	0.215	2.321	0.281
	Huynh-Feldt	5995.511	1.522	3938.28	1.581	0.219	2.407	0.286
	Lower-bound	5995.511	1	5995.511	1.581	0.214	1.581	0.235
Error (fragetyp)	Sphericity Assumed	219936.711	116	1896.006				
	Greenhouse-Geisser	219936.711	85.128	2583.615				
	Huynh-Feldt	219936.711	88.297	2490.864				
	Lower-bound	219936.711	58	3792.012				

a. Computed using alpha = .05

Pairwise Comparisons						
Measure: MEASURE_1						
(I) fragetyp	(J) fragetyp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	19.167	9.27	0.125	-3.688	42.022
	3	53.500	8.847	0	31.69	75.31
2	1	-19.167	9.27	0.125	-42.022	3.688
	3	34.333	5.04	0	21.908	46.758
3	1	-53.500	8.847	0	-75.31	-31.69
	2	-34.333	5.04	0	-46.758	-21.908

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

A5.4: GLM repeated measures: Evaluationsfragen Antwortzeit – Fragetyp Raum

Within-Subjects Factors	
Measure: MEASURE_1	Dependent Variable
antwortzeit_raum	1 rt_1
	2 rt_3

Descriptive Statistics				
statisch_animiert				
zeit_1	statisch	Mean	Std. Deviation	N
	statisch	40.97	39.273	30
	animiert	34.37	17	30
	Total	37.67	30.188	60
zeit_3	statisch	75	56.145	30
	animiert	79.23	53.814	30
	Total	77.12	54.565	60

Tests of Within-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
antwortzeit_raum	Sphericity Assumed	46689.075	1	46689.075	44.15	0	44.15
	Greenhouse-Geisser	46689.075	1	46689.075	44.15	0	44.15
	Huynh-Feldt	46689.075	1	46689.075	44.15	0	44.15
	Lower-bound	46689.075	1	46689.075	44.15	0	44.15
antwortzeit_raum * typ	Sphericity Assumed	880.208	1	880.208	0.832	0.365	0.832
	Greenhouse-Geisser	880.208	1	880.208	0.832	0.365	0.832
	Huynh-Feldt	880.208	1	880.208	0.832	0.365	0.832
	Lower-bound	880.208	1	880.208	0.832	0.365	0.832
Error(antwortzeit_raum)	Sphericity Assumed	61335.217	58	1057.504			
	Greenhouse-Geisser	61335.217	58	1057.504			
	Huynh-Feldt	61335.217	58	1057.504			
	Lower-bound	61335.217	58	1057.504			

a. Computed using alpha = .05

A5.5: GLM repeated measures: Evaluationsfragen Antwortzeit – Fragetyp Zeit

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1	Dependent Variable
antwortzeit_zeit	1 rt_4 2 rt_5

Descriptive Statistics

	statisch	animiert	Mean	Std. Deviation	N
zeit_4	statisch	animiert	40.97	26.89	30
	animiert		54.13	38.017	30
	Total		47.55	33.315	60
zeit_5	statisch	animiert	42.07	19.099	30
	animiert		54.07	31.937	30
	Total		48.07	26.782	60

Tests of Within-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
antwortzeit_zeit	Sphericity Assumed	8.008	1	8.008	0.029	0.867	0.029
	Greenhouse-Geisser	8.008	1	8.008	0.029	0.867	0.029
	Huynh-Feldt	8.008	1	8.008	0.029	0.867	0.029
	Lower-bound	8.008	1	8.008	0.029	0.867	0.029
antwortzeit_zeit * typ	Sphericity Assumed	10.208	1	10.208	0.036	0.849	0.036
	Greenhouse-Geisser	10.208	1	10.208	0.036	0.849	0.036
	Huynh-Feldt	10.208	1	10.208	0.036	0.849	0.036
	Lower-bound	10.208	1	10.208	0.036	0.849	0.036
Error(antwortzeit_zeit)	Sphericity Assumed	16294.283	58	280.936			
	Greenhouse-Geisser	16294.283	58	280.936			
	Huynh-Feldt	16294.283	58	280.936			
	Lower-bound	16294.283	58	280.936			

A5.6: GLM repeated measures: Evaluationsfragen Antwortzeit – Fragetyp Attribut

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1	Dependent Variable
antwortzeit_attribut	1 rt_2 2 rt_6

Descriptive Statistics

	statisch	animiert	Mean	Std. Deviation	N
zeit_2	statisch	animiert	31.8	16.506	30
	animiert		37.17	18.056	30
	Total		34.48	17.363	60
zeit_6	statisch	animiert	21	10.157	30
	animiert		32.6	20.056	30
	Total		26.8	16.812	60

Tests of Within-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
antwortzeit_attribut	Sphericity Assumed	1771.008	1	1771.008	17.252	0	17.252
	Greenhouse-Geisser	1771.008	1	1771.008	17.252	0	17.252
	Huynh-Feldt	1771.008	1	1771.008	17.252	0	17.252
	Lower-bound	1771.008	1	1771.008	17.252	0	17.252
antwortzeit_attribut * typ	Sphericity Assumed	291.408	1	291.408	2.839	0.097	2.839
	Greenhouse-Geisser	291.408	1	291.408	2.839	0.097	2.839
	Huynh-Feldt	291.408	1	291.408	2.839	0.097	2.839
	Lower-bound	291.408	1	291.408	2.839	0.097	2.839
Error(antwortzeit_attribut)	Sphericity Assumed	5954.083	58	102.657			
	Greenhouse-Geisser	5954.083	58	102.657			
	Huynh-Feldt	5954.083	58	102.657			
	Lower-bound	5954.083	58	102.657			

a. Computed using alpha = .05

A5.7: Univariate ANOVA: Antwortzeit und Soziodemografie auf Kartentyp

Tests of Between-Subjects Effects

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	1465907.477	1	1465907.477	242.287	0	242.287	1
typ	8179.206	1	8179.206	1.352	0.25	1.352	0.208
sex	544.143	1	544.143	0.09	0.765	0.09	0.06
typ * sex	662.406	1	662.406	0.109	0.742	0.109	0.062
Error	338816.839	56	6050.301				

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	1469060.131	1	1469060.131	248.384	.0	248.384	1
typ	8334.41	1	8334.41	1.409	0.24	1.409	0.215
education	8331.207	1	8331.207	1.409	0.24	1.409	0.215
typ * education	411.556	1	411.556	0.07	0.793	0.07	0.058
Error	331210.378	58	5914.471				

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	953751.457	1	953751.457	153.57	.0	153.57	1
typ	7798.618	1	7798.618	1.256	0.267	1.256	0.196
car	3125.896	2	1562.948	0.252	0.778	0.503	0.088
typ * car	1533.283	2	766.641	0.123	0.884	0.247	0.068
Error	335368.453	54	6210.527				

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	753134.249	1	753134.249	133.162	.0	133.162	1
typ	2854.293	1	2854.293	0.505	0.481	0.505	0.107
abo	27307.841	5	5461.568	0.966	0.448	4.828	0.315
typ * abo	29157.819	4	7289.455	1.289	0.287	5.155	0.373
Error	277132.805	49	5655.772				

a. Computed using alpha = .05

A5.8: Deskriptive Statistik Antwortgenauigkeit

Descriptive Statistics						
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	
summe_richtig_total	60	2	6	4.27	0.936	
summe_richtig_prozent	60	33.3	100	71.112	15.5956	
richtig_raum_total	60	0	2	1.18	0.504	
richtig_zeit_total	60	0	2	1.15	0.755	
richtig_attribut_total	60	1	2	1.93	0.252	
richtig_raum_prozent	60	0	100	59.167	25.197	
richtig_zeit_prozent	60	0	100	57.5	37.7604	
richtig_attribut_prozent	60	50	100	96.667	12.5774	
Valid N (listwise)	60					

A5.9: Univariate ANOVA: Antwortgenauigkeit je Kartentyp

Descriptive Statistics				
Dependent Variable: summe_richtig_total				
statisch_animiert		Mean	Std. Deviation	N
statisch		4.23	0.817	30
animiert		4.3	1.055	30
Total		4.27	0.936	60

Tests of Between-Subjects Effects							
Dependent Variable: summe_richtig_total							
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Corrected Model	.067	1	0.067	0.075	0.785	0.075	0.058
Intercept	1092.267	1	1092.267	1226.157	.0	1226.157	1
typ	0.067	1	0.067	0.075	0.785	0.075	0.058
Error	51.667	58	0.891				
Total	1144	60					
Corrected Total	51.733	59					

a. R Squared = .001 (Adjusted R Squared = -.016)

b. Computed using alpha = .05

A5.10: GLM repeated measures: Antwortgenauigkeit (Total) je Fragetyp und Kartentyp

Within-Subjects Factors	
Measure: MEASURE_1	Dependent Variable
fragetyp	1 acc_raum_t
	2 acc_zeit_t
	3 acc_attribut_t

Between-Subjects Factors		
	Value Label	N
statisch_animiert	0 statisch	30
	1 animiert	30

Descriptive Statistics				
statisch_animiert				
		Mean	Std. Deviation	N
richtig_raum_total	statisch	1.17	0.379	30
	animiert	1.2	0.61	30
	Total	1.18	0.504	60
richtig_zeit_total	statisch	1.2	0.714	30
	animiert	1.1	0.803	30
	Total	1.15	0.755	60
richtig_attribut_total	statisch	1.87	0.346	30
	animiert	2	0	30
	Total	1.93	0.252	60

Tests of Within-Subjects Effects

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Fragetyp	Sphericity Assumed	23.544	2	11.772	39.341	0	78.682	1
	Greenhouse-Geisser	23.544	1.589	14.819	39.341	0	62.504	1
	Huynh-Feldt	23.544	1.654	14.232	39.341	0	65.085	1
	Lower-bound	23.544	1	23.544	39.341	0	39.341	1
Fragetyp * typ	Sphericity Assumed	0.411	2	0.206	0.687	0.503	1.374	0.163
	Greenhouse-Geisser	0.411	1.589	0.259	0.687	0.474	1.091	0.15
	Huynh-Feldt	0.411	1.654	0.248	0.687	0.479	1.136	0.152
	Lower-bound	0.411	1	0.411	0.687	0.411	0.687	0.129
Error (Fragetyp)	Sphericity Assumed	34.711	116	0.299				
	Greenhouse-Geisser	34.711	92.148	0.377				
	Huynh-Feldt	34.711	95.954	0.362				
	Lower-bound	34.711	58	0.598				

Pairwise Comparisons

(I) Fragetyp	(J) Fragetyp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	1.667	5.973	1	-13.06	16.393
	3	-37.500	3.704	0	-46.632	-28.368
	Total					
2	1	-1.667	5.973	1	-16.393	13.06
	3	-39.167	5.041	0	-51.594	-26.74
	Total					
3	1	37.500	3.704	0	28.368	46.632
	2	39.167	5.041	0	26.74	51.594
	Total					

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

A5.11: GLM repeated measures: Antwortgenauigkeit (Prozent) je Fragetyp und Kartentyp

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1	Dependent Variable
1	acc_raum_p
2	acc_zeit_p
3	acc_attribut_p

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
statisch_animiert	0	30
	1	30

Descriptive Statistics

statisch_animiert		Mean	Std. Deviation	N
richtig_raum_prozent	statisch	58.333	18.9525	30
	animiert	60	30.5129	30
	Total	59.167	25.197	60
richtig_zeit_prozent	statisch	60	35.7192	30
	animiert	55	40.1506	30
	Total	57.5	37.7604	60
richtig_attribut_prozent	statisch	93.333	17.2873	30
	animiert	108	0	30
	Total	96.667	12.5774	60

Tests of Within-Subjects Effects

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Fragetyp	Sphericity Assumed	58861.111	2	29430.556	39.341	0	78.682	1
	Greenhouse-Geisser	58861.111	1.589	37048.454	39.341	0	62.504	1
	Huynh-Feldt	58861.111	1.654	35578.96	39.341	0	65.085	1
	Lower-bound	58861.111	1	58861.111	39.341	0	39.341	1
Fragetyp * typ	Sphericity Assumed	1027.778	2	513.889	0.687	0.503	1.374	0.163
	Greenhouse-Geisser	1027.778	1.589	646.906	0.687	0.474	1.091	0.15
	Huynh-Feldt	1027.778	1.654	621.247	0.687	0.479	1.136	0.152
	Lower-bound	1027.778	1	1027.778	0.687	0.411	0.687	0.129
Error (Fragetyp)	Sphericity Assumed	86777.778	116	748.084				
	Greenhouse-Geisser	86777.778	92.148	941.721				
	Huynh-Feldt	86777.778	95.954	904.368				
	Lower-bound	86777.778	58	1496.169				

a. Computed using alpha = .05

Pairwise Comparisons

(I) Fragetyp	(J) Fragetyp	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	0.033	0.119	1	-0.261	0.328
	3	-.750	0.074	0	-0.933	-0.567
	Total					
2	1	-0.033	0.119	1	-0.328	0.261
	3	-.783	0.101	0	-1.032	-0.535
	Total					
3	1	.750	0.074	0	0.567	0.933
	2	.783	0.101	0	0.535	1.032
	Total					

Based on estimated marginal means

a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

A5.12: GLM repeated measures: Evaluationsfragen Antwortgenauigkeit – Fragetyp Raum

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1	Dependent Variable
1	acc_1
2	acc_3

Descriptive Statistics

statisch_animiert		Mean	Std. Deviation	N
richtig_1	statisch	1	0	30
	animiert	0.9	0.305	30
	Total	0.95	0.22	60
richtig_3	statisch	0.17	0.379	30
	animiert	0.3	0.466	30
	Total	0.23	0.427	60

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a	
antwortgenauigkeit_raum	Sphericity Assumed	15.408	1	15.408	157.246	0	157.246	1
	Greenhouse-Geisser	15.408	1	15.408	157.246	0	157.246	1
	Huynh-Feldt	15.408	1	15.408	157.246	0	157.246	1
	Lower-bound	15.408	1	15.408	157.246	0	157.246	1
antwortgenauigkeit_raum * typ	Sphericity Assumed	0.408	1	0.408	4.167	0.046	4.167	0.519
	Greenhouse-Geisser	0.408	1	0.408	4.167	0.046	4.167	0.519
	Huynh-Feldt	0.408	1	0.408	4.167	0.046	4.167	0.519
	Lower-bound	0.408	1	0.408	4.167	0.046	4.167	0.519
Error(antwortgenauigkeit_raum)	Sphericity Assumed	5.683	58	0.098				
	Greenhouse-Geisser	5.683	58	0.098				
	Huynh-Feldt	5.683	58	0.098				
	Lower-bound	5.683	58	0.098				

a. Computed using alpha = .05

A5.13: GLM repeated measures: Evaluationsfragen Antwortgenauigkeit – Fragetyp Zeit

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

antwortgenauigkeit_zeit	Dependent Variable
1	acc_4
2	acc_5

Descriptive Statistics

	statisch	animiert	Mean	Std. Deviation	N
richtig_4	statisch	animiert	0.77	0.43	30
		animiert	0.67	0.474	30
		Total	0.72	0.454	60
richtig_5	statisch	animiert	0.43	0.504	30
		animiert	0.43	0.504	30
		Total	0.43	0.5	60

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a	
antwortgenauigkeit_zeit	Sphericity Assumed	2.408	1	2.408	13.945	0	13.945	0.957
	Greenhouse-Geisser	2.408	1	2.408	13.945	0	13.945	0.957
	Huynh-Feldt	2.408	1	2.408	13.945	0	13.945	0.957
	Lower-bound	2.408	1	2.408	13.945	0	13.945	0.957
antwortgenauigkeit_zeit * typ	Sphericity Assumed	0.075	1	0.075	0.434	0.513	0.434	0.099
	Greenhouse-Geisser	0.075	1	0.075	0.434	0.513	0.434	0.099
	Huynh-Feldt	0.075	1	0.075	0.434	0.513	0.434	0.099
	Lower-bound	0.075	1	0.075	0.434	0.513	0.434	0.099
Error(antwortgenauigkeit_zeit)	Sphericity Assumed	10.017	58	0.173				
	Greenhouse-Geisser	10.017	58	0.173				
	Huynh-Feldt	10.017	58	0.173				
	Lower-bound	10.017	58	0.173				

a. Computed using alpha = .05

A5.14: GLM repeated measures: Evaluationsfragen Antwortgenauigkeit – Fragetyp Attribut

Within-Subjects Factors

Measure: MEASURE_1

antwortgenauigkeit_attribut	Dependent Variable
1	acc_2
2	acc_6

Descriptive Statistics

	statisch	animiert	Mean	Std. Deviation	N
richtig_2	statisch	animiert	0.9	0.305	30
		animiert	1	0	30
		Total	0.95	0.22	60
richtig_6	statisch	animiert	0.97	0.183	30
		animiert	1	0	30
		Total	0.98	0.129	60

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a	
antwortgenauigkeit_attribut	Sphericity Assumed	0.033	1	0.033	1	0.321	1	0.166
	Greenhouse-Geisser	0.033	1	0.033	1	0.321	1	0.166
	Huynh-Feldt	0.033	1	0.033	1	0.321	1	0.166
	Lower-bound	0.033	1	0.033	1	0.321	1	0.166
antwortgenauigkeit_attribut * typ	Sphericity Assumed	0.033	1	0.033	1	0.321	1	0.166
	Greenhouse-Geisser	0.033	1	0.033	1	0.321	1	0.166
	Huynh-Feldt	0.033	1	0.033	1	0.321	1	0.166
	Lower-bound	0.033	1	0.033	1	0.321	1	0.166
Error(antwortgenauigkeit_attribut)	Sphericity Assumed	1.933	58	0.033				
	Greenhouse-Geisser	1.933	58	0.033				
	Huynh-Feldt	1.933	58	0.033				
	Lower-bound	1.933	58	0.033				

a. Computed using alpha = .05

A5.15: Univariate ANOVA: Antwortgenauigkeit und Soziodemografie

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1
Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	362.294	1	362.294	1184.11	0	1184.11	1
typ	0.017	1	0.017	0.055	0.816	0.055	0.056
sex	0.005	1	0.005	0.016	0.9	0.016	0.052
typ * sex	0.083	1	0.083	0.273	0.604	0.273	0.081
Error	17.134	56	0.306				

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1
Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	356.203	1	356.203	1182.275	0	1182.275	1
typ	0.01	1	0.01	0.035	0.853	0.035	0.054
education	0.098	1	0.098	0.324	0.571	0.324	0.087
typ * education	0.247	1	0.247	0.819	0.369	0.819	0.144
Error	16.872	56	0.301				

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	246.382	1	246.382	781.477	0	781.477	1
typ	0.033	1	0.033	0.103	0.749	0.103	0.062
car	0.167	2	0.083	0.265	0.768	0.53	0.09
typ * car	0.029	2	0.015	0.046	0.955	0.093	0.057
Error	17.023	54	0.315				

a. Computed using alpha = .05

Tests of Between-Subjects Effects

Measure: MEASURE_1

Transformed Variable: Average

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Intercept	192.007	1	192.007	608.398	0	608.398	1
typ	0.164	1	0.164	0.519	0.475	0.519	0.109
abo	0.817	5	0.163	0.518	0.762	2.589	0.177
typ * abo	0.927	4	0.232	0.734	0.573	2.937	0.22
Error	15.464	49	0.316				

a. Computed using alpha = .05

A5.16: Univariate ANOVA: Antwortsicherheit

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
zusatzfrage_2	1 sehr sicher	33
	2 sicher	23
	3 neutral	3
	4 unsicher	2
statisch_animiert	0 statisch	30
	1 animiert	30

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: richtig_2

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Corrected Model	.517	5	0.103	2.391	0.05	11.957	0.717
Intercept	19.911	1	19.911	460.794	0	460.794	1
rf_2	0.362	3	0.121	2.793	0.049	8.378	0.641
typ	0.092	1	0.092	2.124	0.151	2.124	0.299
rf_2 * typ	0.004	1	0.004	0.085	0.772	0.085	0.059
Error	2.333	54	0.043				
Total	.57	60					
Corrected Total	2.85	59					

a. R Squared = .181 (Adjusted R Squared = .105)

b. Computed using alpha = .05

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
zusatzfrage_4	1 sehr sicher	12
	2 sicher	23
	3 neutral	20
	4 unsicher	5
statisch_animiert	0 statisch	30
	1 animiert	30

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: richtig_4

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Corrected Model	3.398	7	0.485	2.873	0.013	20.109	0.887
Intercept	18.25	1	18.25	108.015	0	108.015	1
rf_4	2.423	3	0.808	4.781	0.005	14.343	0.879
typ	0.293	1	0.293	1.732	0.194	1.732	0.253
rf_4 * typ	0.572	3	0.191	1.128	0.346	3.385	0.287
Error	8.786	52	0.169				
Total	43	60					
Corrected Total	12.183	59					

a. R Squared = .279 (Adjusted R Squared = .182)

b. Computed using alpha = .05

Between-Subjects Factors

	Value Label	N
zusatzfrage_6	1 sehr sicher	45
	2 sicher	12
	3 neutral	3
statisch_animiert	0 statisch	30
	1 animiert	30

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: richtig_6

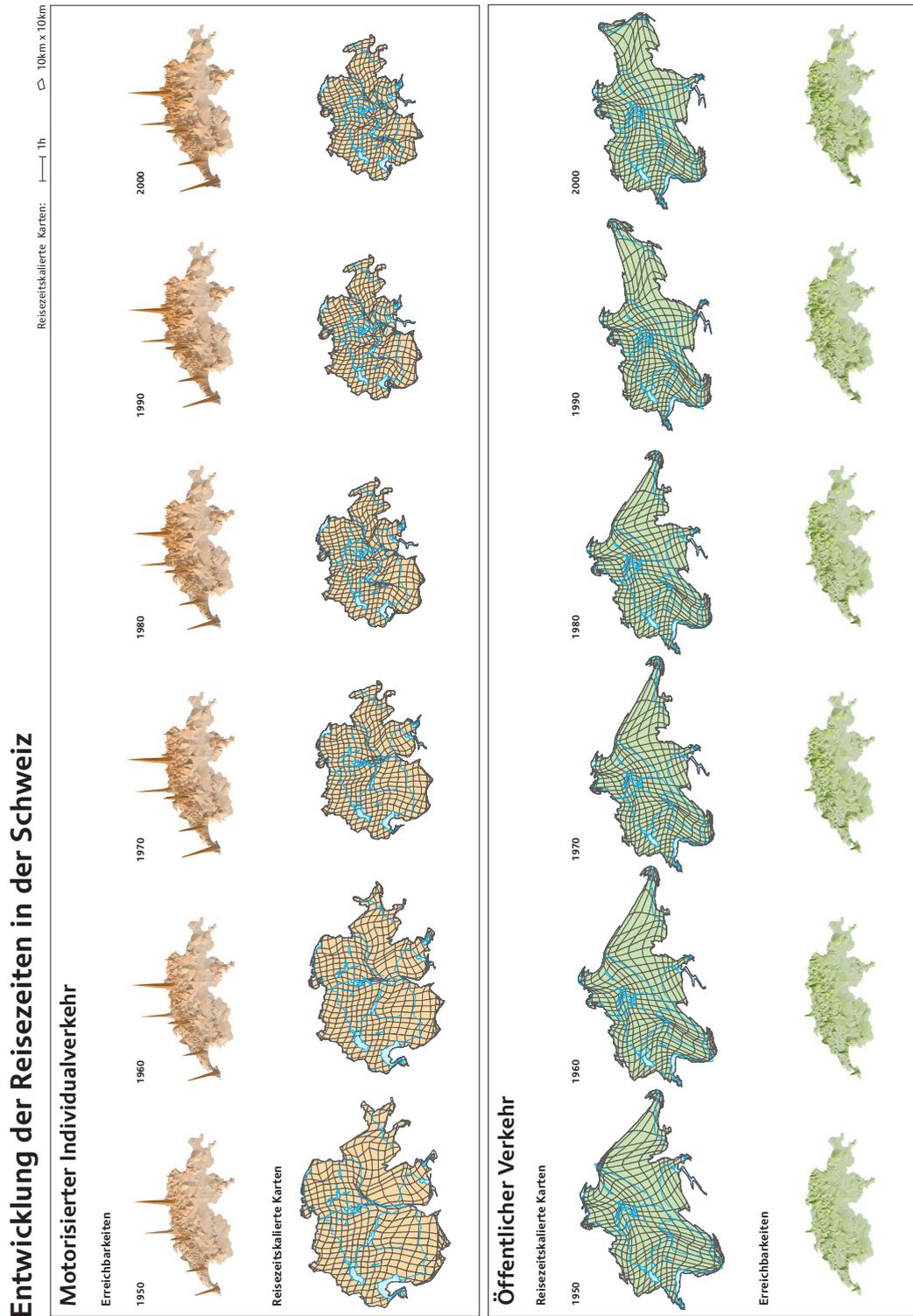
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Noncent. Parameter	Observed Power ^a
Corrected Model	.150	5	0.03	1.944	0.102	9.72	0.611
Intercept	17.702	1	17.702	1147.084	0	1147.084	1
rf_6	0.067	2	0.033	2.157	0.126	4.314	0.423
typ	0.014	1	0.014	0.936	0.338	0.936	0.158
rf_6 * typ	0.067	2	0.033	2.157	0.126	4.314	0.423
Error	0.833	54	0.015				
Total	.59	60					
Corrected Total	0.983	59					

a. R Squared = .153 (Adjusted R Squared = .074)

b. Computed using alpha = .05

A6: Zeitkarten der Schweiz 1950 - 2000

A6.1 Zeitkarten der Schweiz 1950 - 2000



Quelle: Axhausen & Hurni (2005)

Persönliche Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und die den verwendeten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Zürich, 31. August 2012

Nicola Kugelmeier
