

Wirkung von Straßenbenutzungsgebühren auf die Routenwahl gezeigt an österreichischen Verkehrsbefragungen

eingereicht an der

Technischen Universität Graz,
Fakultät für Bauingenieurwissenschaften

für den Erwerb des
Doktors der technischen Wissenschaften (Dr. techn.)

vorgelegt von

Thomas Reiter (Dipl.-Ing. Dipl.-Ing.)

geboren am 30.Mai 1982 in Graz, Österreich

Betreuer: **Univ.-Prof. Dr. Ing. Martin Fellendorf**
Technische Universität Graz
Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Gutachter: **Univ.-Prof. Mag.rer.nat. Dr.phil. Ulrike Leopold-Wildburger**
Universität Graz
Institut für Statistik und Operations Research

Mündliche Prüfung: 10. Oktober 2012

Vorwort des Autors

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit am Institut für Straßen- und Verkehrswesen an der Technischen Universität Graz.

Mit Fertigstellung der Dissertation ist es an der Zeit denjenigen zu danken, die mich begleitet, motiviert und unterstützt haben. Mein herzlicher Dank gilt dabei zunächst Herrn Professor Martin Fellendorf, der wesentlich zur Entstehung der Idee beigetragen hat und mich während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Dissertant mit kritischen wie inspirierenden Fachgesprächen bereichert hat. Ich danke auch allen Kollegen des Instituts für die stets angenehme, kollegiale Atmosphäre sowie die Hilfs- und Diskussionsbereitschaft.

Für die bereitwillige Übernahme des Zweitgutachtens, sowie für sehr konstruktive Gespräche möchte ich Frau Professor Ulrike Leopold-Wildburger herzlich danken.

Weiters bedanke ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Peter Vortisch für die Übernahme des dritten Gutachtens.

Mein Dank für die Unterstützung bei der technischen Umsetzung gilt Karl Heinz Struggl. Für die Mitbetreuung der durchgeführten Erhebungen danke ich den Teamleitern Andrea Völkl, Andreas Kramer und Cornelia Hebenstreit sowie allen Interviewerinnen und Interviewern. Weiters möchte ich Andrea Völkl und Mario Platzer für die kritische Durchsicht der Arbeit und das Lektorat danken.

Besonders bedanken möchte ich mich für die fachliche Expertise und Unterstützung bei meinen Kollegen Claude Weiss und Alexander Erath von der ETH Zürich.

Mein Dank gilt auch der Firma KAPSCH, da durch die Forschungskooperation im Zuge des Projekts „Dyn Toll“ die Idee für den Inhalt meiner Dissertation entstand.

Nicht zuletzt bin ich meiner Familie und meinen Freunden für ihre unentwegte und tatkräftige Unterstützung und ihre Geduld zu tiefem Dank verpflichtet. Ohne diese Unterstützung wäre es ungleich schwerer gewesen, den persönlichen Verzicht, das Durchhaltevermögen und den Fleiß aufzubringen. Herzlichen Dank!

Graz, 31. Juli 2012

Thomas Reiter

Kurzfassung

Wirkung von Straßenbenutzungsgebühren auf die Routenwahl gezeigt an österreichischen Verkehrsbefragungen

Zur Eindämmung und Steuerung der steigenden Verkehrsnachfrage werden in vielen Ländern Mobility Pricing Programme diskutiert. Eine mögliche Steuerungsmaßnahme sind Straßenbenutzungsabgaben für Pkw. In Abhängigkeit des Gebührenmodells werden die Autofahrer künftig ihr Routenwahlverhalten verändern. Mit dieser Arbeit wird ein Beitrag geliefert, die Wirkungen möglicher Straßenbenutzungsabgaben für Pkw in Österreich abzuschätzen.

In einer umfassenden Analyse werden zuerst Mobility Pricing Systeme kategorisiert und die bisher eingeführten Systeme der Straßenbenutzungsabgaben nach ihren Hauptzielen und Nebeneffekten aufgelistet. Im internationalen Vergleich ist erkennbar, dass außerhalb von Österreich neben den statischen, Abgabesystemen verstärkt auch dynamische Systeme eingeführt werden, die durch flexible Preisgestaltung auf das Verkehrsaufkommen reagieren.

In der vorliegenden Arbeit werden die Auswirkungen von Straßenbenutzungsabgaben anhand eigens erhobener österreichischer Daten untersucht. Hierzu wurde eine repräsentative, geschichtete Bevölkerungsstichprobe von 2.812 Personen aus Niederösterreich, Wien und der Steiermark befragt.

Im Rahmen eines Stated Preference (SP) - Experiments wurden den Untersuchungsteilnehmern Routenalternativen zur Auswahl vorgegeben. Neben den soziodemografischen Angaben wurde zusätzlich von einer Teilmenge der Befragten deren Einstellung zu Straßenbenutzungsabgaben erhoben.

Durch die standardisierten Routenwahlaufgaben wurde der Einfluss der Reisezeit, der Reisekosten und die Zuverlässigkeit als entscheidungsrelevanter Parameter im Verkehrsverhalten erhoben. Das Verkehrsmittelwahlverhalten wurde abgefragt, indem eine der vier Routenalternativen mit dem ÖV zurückgelegt wurde. Ausgehend vom Wohnort jedes Probanden wurden nur Routenalternativen zu Zielen generiert, die dem Probanden bekannt waren. Mit den personalisierten Quell-Zielpaaren wurden typische Berufs-, Einkaufs- und Freizeitfahrten nachgebildet. Durch den Einsatz von internetfähigen Tablet-PC's konnten die Routenalternativen unter Verwendung von Routenauskunftssystemen während der Befragung personalisiert aber automatisiert erzeugt werden. Bei der schriftlichen Befragung war ein zweistufiges Vorgehen erforderlich.

Nach der Theorie diskreter Entscheidungsmodelle wurden anschließend lineare und nicht-lineare Routenwahlmodelle basierend auf den Daten des SP-Experiments geschätzt. Die Modellspezifikationen mit der höchsten Modellgüte und Plausibilität wurden in der Folge sukzessive ausgebaut. Das Modell mit der höchsten Güte zeigt, dass mit zunehmender Reisezeit die Zahlungsbereitschaft abnimmt. Personen mit höherem Einkommen weisen eine höhere Zahlungsbereitschaft auf. Die Zahlungsbereitschaft ist bei Berufsfahrten unabhängig vom Einkommen ungefähr zweieinhalbmal höher als für Einkaufs- und Freizeitfahrten.

Mit der Arbeit werden damit Anhaltspunkte der Zahlungsbereitschaft österreichischen Autofahrer bei Einführung einer Straßenbenutzungsabgabe für den Personenverkehr geliefert. Außerdem lassen sich mit dem Modell Verhaltensänderungen der Verkehrsteilnehmer modellieren.

215 Seiten, 26 Abbildungen, 42 Tabellen

Abstract

Impact of road pricing on route choice based on Austria traffic surveys

Several countries are discussing mobility pricing programs in order to reduce and regulate the increasing traffic demand. One possible control measure is road pricing for cars. Depending on the tolling system, car users will vary their route choice behaviour in the future. This study looks at some impacts if road pricing for passenger travel will be introduced in Austria.

Firstly, a comprehensive study categorises mobility pricing systems and lists implemented road pricing systems according to their main objectives and ancillary effects. Outside of Austria not only static charging models can be found. Dynamic systems are being implemented whereas the toll depends on traffic volumes

The effects of road pricing are analysed based on Austrian data specifically collected for this study. For his purpose, a representative sample of 2.812 persons from Lower Austria, Vienna and Styria was interviewed.

In the course of a stated preference experiment, each survey participants had to choose from different route alternatives. Furthermore socio-demographic data was collected. A subset of participants was also asked questions on their attitudes towards road pricing.

Standardised route choice questions were generated including parameters for traffic behaviour such as travel time, travel costs and reliability. The mode choice was also surveyed since one public transport route was one of the four alternatives. Starting from the home address of each participant, four familiar route alternatives for the final destination were generated. These home-based trips simulated typical commuting, shopping and leisure trips. By employing web-enabled tablet PCs, the route alternatives were personalised yet automated, using journey planners throughout the survey. For the paper survey, a two-stage procedure was necessary.

According to the theory of discrete choice models, linear and non-linear route choice models were subsequently estimated based on the data from the SP-experiment. The model specifications with the highest model validity and plausibility were then gradually extended. The model with the highest validity shows that the willingness to pay decreases with increasing travel time. Persons with higher incomes have a higher willingness to pay. Irrespective of income, the value of time for commuting is approximately 2.5 times higher than for shopping and leisure trips.

This paper presents reference points for the willingness to pay of Austrian car drivers, in case of the introduction of road pricing for passenger traffic. Furthermore, the model allows to model behavioural changes of road users.

Einführender Hinweis

Zur leichteren Lesbarkeit wurde in dieser Arbeit explizit auf die Nennung beider Geschlechter verzichtet. Es wird demnach darauf hingewiesen, dass die verwendeten männlichen Begriffe die weiblichen Formen ebenso mit einbeziehen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	i
Abbildungsverzeichnis.....	v
Tabellenverzeichnis.....	vii
Abkürzungen.....	ix
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Zielsetzung und Fragestellungen.....	2
1.3 Abgrenzung des Forschungsgegenstands.....	3
1.3.1 Inhaltliche Systemabgrenzung.....	3
1.3.2 Zeitliche Systemabgrenzung.....	4
1.3.3 Räumliche Systemabgrenzung.....	4
1.3.4 Modelltechnische Abgrenzung.....	4
1.4 Aufbau der Studie.....	5
2 Mobility Pricing.....	7
2.1 Maßnahmen des Mobility Pricings im Überblick.....	7
2.1.1 Steuern auf das Kraftfahrzeug.....	7
2.1.2 Mineralölsteuer.....	9
2.1.3 Parkgebühren.....	9
2.1.4 Straßenbenutzungsgebühren.....	10
2.1.4.1 Passagegebühren.....	10
2.1.4.2 Wertgebühren.....	10
2.1.4.3 Netz- und Gebietsgebühren.....	11
2.2 Zielsetzungen.....	11
2.2.1 Finanzielle Aspekte.....	11
2.2.2 Zufahrtsbeschränkung.....	12
2.2.3 Verkehrslenkung.....	12
2.2.4 Umweltentlastung.....	13
2.2.5 Garantierte Reisezeit.....	13
2.3 Effekte von Road Pricing Maßnahmen.....	18
2.4 Erfahrungen aus einzelnen Projekten.....	19
2.4.1 Singapur.....	19
2.4.2 London.....	20
2.4.3 Oslo, Bergen und Trondheim.....	20
2.4.4 Niederlande.....	21

2.4.5	Stockholm.....	22
2.4.6	Resümée zu den exemplarisch beschriebenen Road-Pricing-Systeme.....	22
2.5	Externe Kosten im motorisierten Verkehr	23
2.5.1	Relevante Kosten	24
2.5.2	Bewertungsverfahren.....	24
2.5.3	Strategie zur Internalisierung der externen Kosten	25
2.6	Einflussfaktoren auf das Mobilitätsverhalten	26
2.7	Grundlagen verkehrsspezifischer Modelle	28
2.7.1	Routenwahlmodelle	28
2.7.2	Verkehrsumlegungsverfahren.....	30
2.7.2.1	Sukzessivumlegung.....	31
2.7.2.2	Gleichgewichtsverfahren.....	31
2.7.2.3	Lernverfahren nach Lohse	32
2.7.2.4	TRIBUT-Verfahren.....	32
2.7.2.5	Die stochastische Umlegung	32
2.7.3	Widerstände und CR-Funktionen	33
2.7.4	Anwendung der Routenwahlmodelle	33
3	Diskrete Entscheidungsmodelle.....	35
3.1	Modelle individuellen Verhaltens	35
3.2	Eigenschaften diskreter Entscheidungsmodelle.....	35
3.2.1	Entscheidungsträger.....	36
3.2.2	Alternativen.....	36
3.2.3	Attribute der Alternativen.....	36
3.2.4	Entscheidungsregel	37
3.3	Diskrete Entscheidungen in der Routenwahl	37
3.4	Modellgrundlagen	38
3.4.1	Die mikroökonomische Theorie	38
3.4.2	Die mikroökonomische Theorie von Preis und Zeit	38
3.5	Zufallsnutzentheorie.....	39
3.6	Modellansätze	41
3.6.1	Multinominales Logit-Modell (MNL).....	41
3.6.2	Multinominales Probit-Modell	43
3.6.3	Nested Logit-Modell (NL)	43
3.6.4	Implicit Availability/Perception Logit-Modell (IAP-Logit).....	45
3.7	Messinstrumente	46
3.8	Experimentelle Designs - Versuchsplanung	47
3.8.1	Orthogonal Design	48
3.8.2	Efficient Design.....	49

3.8.3 Vergleich unterschiedlicher Versuchspläne	52
3.9 Designkonstruktionen	53
3.9.1 Design zur Modellierung von Mobilitätsverhalten	53
3.9.1.1 Zeit.....	53
3.9.1.2 Routenwahl	54
3.9.1.3 Kosten.....	54
3.9.1.4 Verkehrsmittelwahl	54
3.9.2 Variablen, Ausprägungen und Zusammenstellung von Alternativen	55
3.10 Diskretes Entscheidungs-Experiment	55
4 Empirische Studie	57
4.1 Konzeption und Struktur der vorliegenden Studie.....	57
4.2 Methodische Umsetzung - Datenerhebung	60
4.2.1 Erhebungsmethoden.....	60
4.2.1.1 Persönliche mündliche Befragung.....	61
4.2.1.2 Schriftliche Befragung	61
4.2.2 Aufbau und Funktion des Messinstruments	64
4.2.2.1 Technische Umsetzung.....	64
4.2.2.2 Softwaredesign.....	66
4.2.3 Befragungskonzept.....	68
4.2.3.1 Soziodemografische Daten.....	68
4.2.3.3 Meinungsumfrage	68
4.2.3.4 Stated Choice Experiment	69
4.2.4 Rücklaufquote	70
4.2.5 Zusammenfassung der Erhebungsmethoden	72
4.3 Stichprobe	73
4.3.1 Soziodemografische Merkmale.....	73
4.3.2 Räumliche Verteilung	77
4.3.3 Versuchsbedingungen – experimentelle Variablen	80
4.4 Deskriptive Analyse des Mobilitätsverhaltens	82
4.4.1 Verkehrsverhalten.....	82
4.4.2 Motorisierung.....	82
4.4.3 Streckenanalyse	84
4.5 Deskriptive Analyse der Meinungsumfrage	88
4.5.1 Wahrnehmung der Verkehrsinfrastruktur	88
4.5.2 Straßenbenutzungsgebühren.....	88
4.5.3 Umweltschutz.....	90

5	Modellgenerierung	91
5.1	Versuchsplan	91
5.1.1	Generierung der Wahlentscheidungen	91
5.1.2	Alternativen	93
5.1.3	Alternativen des SP-Experiments	93
5.1.4	Beschreibung der Attribute für die Routenwahl	95
5.1.5	Generierung der Alternativen	97
5.2	Grundlagen zu Modellschätzung diskreter Wahlmodelle	99
5.2.1	Entwicklung von Modellvarianten	99
5.2.2	Schätzung der Modellparameter	100
5.2.3	Statistische Tests zur Bestimmung und Interpretation der Modellgüte	102
5.2.3.1	Likelihood Ratio Test (LR-Test)	102
5.2.3.2	Likelihood-Ratio-Index ρ^2	103
5.2.3.3	(Asymptotischer) t-Test	104
5.2.3.4	Vorzeichen der Parameter	105
5.2.4	Zeitwert - Value of Time	106
5.3	Modellspezifikationen und Modellschätzungen	107
5.3.1	Grundmodell für die Routenwahl	109
5.3.2	Einbezug soziodemografischer Variablen	114
5.3.3	Komplexere Modellansätze	123
5.3.3.1	Beschreibung der erweiterten Modellspezifikationen zur Schätzung der Zahlungsbereitschaft	127
5.3.3.2	Ergebnisse der Modelle zur Schätzung der Zahlungsbereitschaft	127
5.3.4	Einbezug weiterer soziodemografischer Variablen mit nicht-linearen Ansätzen	130
5.3.5	Exkurs: Wahrnehmung der Kostenkomponenten	137
6	Diskussion und Empfehlungen	140
6.1	Zusammenfassung	140
6.2	Diskussion – Grundlage für weitere Untersuchungen	145
7	Glossar	147
8	Literaturverzeichnis	151
	Anhang A: Ergänzungen zu Tabelle 1	161
	Anhang B: Postalische Erhebung	171
	Anhang C: Versuchsplan	189
	Anhang D: Detailbeschreibung des Datensatzes	191

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsablauf	6
Abbildung 2: Systemaufbau Mobility Pricing.....	7
Abbildung 3: Statische, variable und dynamische Parameter der Straßenbenutzungsgebühren	14
Abbildung 4: Einflussfaktoren auf das Mobilitätsverhalten deren Auswirkungen	27
Abbildung 5: Nested Logit Modell – Baumstruktur	44
Abbildung 6: Efficient Design: asymptotischer Standardfehler als Funktion der Stichprobengröße	51
Abbildung 7: Entwicklung der personalisierten Fragebögen.....	59
Abbildung 8: Erhebungsmix der eingesetzten Instrumente für die personalisierte Befragung	60
Abbildung 9: Prozess der Datenerhebung der schriftlichen Befragung.....	63
Abbildung 10: Untersuchungsdesign u. technische Umsetzung (Module) der Erhebung im Hintergrund ..	65
Abbildung 11: Beispiel von POI Auswahlmöglichkeiten	67
Abbildung 12: Mögliches Entscheidungsszenario.....	69
Abbildung 13: Anzahl der Antworten und Antwortgeschwindigkeit pro Tag für PAPI und WAPI	71
Abbildung 14: Stichprobenverteilung in der Steiermark	78
Abbildung 15: Stichprobenverteilung in Niederösterreich und Wien	79
Abbildung 16: Angegebene Strecken der Probanden aufgesplittet nach Entfernungsklassen	84
Abbildung 17: Reisezeit in Abhängigkeit von der Entfernung zum Arbeitsplatz - getrennt nach Verkehrsmittel (MIV, ÖV)	85
Abbildung 18: Reisezeit in Abhängigkeit von der Entfernung zum Zielort für den Freizeit- und Einkaufsverkehr - getrennt nach Verkehrsmittel (MIV, ÖV).....	86
Abbildung 19: Beobachtete Geschwindigkeitsprofile für den Berufsverkehr – getrennt nach Verkehrsmittel (MIV, ÖV)	86
Abbildung 20: Beobachtete Geschwindigkeitsprofile für den Einkaufs- und Freizeitverkehr – getrennt nach Verkehrsmittel (MIV, ÖV).....	87
Abbildung 21: Wahrnehmung der Verkehrsinfrastruktur im jeweiligen Bundesland	88
Abbildung 22: Bereitschaft zur Zahlung von Straßenbenutzungsgebühren	89
Abbildung 23: Konsequenzen bei Einführung von Straßenbenutzungsgebühren	89
Abbildung 24: Ergebnisse der Meinungsumfrage zur Wichtigkeit des Umweltschutzes	90
Abbildung 25: Erstellung der Versuchsplanung (Generierung der Auswahlsets) für die Studie	92
Abbildung 26: Zahlungsbereitschaft in Abhängigkeit von der Reisezeit und vom persönlichen Einkommen - getrennt nach Reisezweck und Verkehrsmittel (MIV, ÖV)	126
Abbildung 27: Zeitwert in Abhängigkeit vom Einkommen und Reisezweck für den motorisierten Individualverkehr	138

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Internationale Road Pricing Maßnahmen im Überblick*	16
Tabelle 2: Orthogonal Design: drei Attribute (A, B, C) und zwei Ausprägungen (-1,1)	48
Tabelle 3: Blockung eines orthogonalen Versuchsplans	48
Tabelle 4: Vergleich unterschiedlicher Versuchspläne	52
Tabelle 5: Rücklaufquote Postalische Erhebung	70
Tabelle 6: Gegenüberstellung der Erhebungsmethoden	72
Tabelle 7: Geschlechterverteilung Führerscheinbesitz in Österreich (2011)	73
Tabelle 8: Altersverteilung der Führerscheinbesitzer in Österreich - Daten der vorliegenden Studie	74
Tabelle 9: Stichprobencharakteristik soziodemografische Daten Berufs- sowie Einkaufs- und Freizeitverkehr	75
Tabelle 10: Berufs- und Freizeitverkehr x Beschäftigungsverhältnis	77
Tabelle 11: Postalische Erhebung: Anzahl der Aussendungen nach Bundesländern im Vergleich zur Einwohnerzahl der einzelnen Bundesländer [Statistik Austria, 2012d]	79
Tabelle 12: Datenbasis der Modellschätzungen – getrennt nach Fahrtzweck und Gesamtkosteninformation	80
Tabelle 13: Datenbasis und soziodemografische Variablen in Abhängigkeit von Fahrtzweck und Gesamtkosteninformation	81
Tabelle 14: Stichprobencharakteristik Mobilitätsverhalten	82
Tabelle 15: Verteilung der Mobilitätsparameter	83
Tabelle 16: Ausgewählte Variablen für das diskrete Entscheidungs-Experiment	93
Tabelle 17: Analyse vorliegender diskreten Entscheidungs-Studien	94
Tabelle 18: Klasseneinteilung der Verlässlichkeit der Verkehrsmittel	96
Tabelle 19: Ausprägungen der Attribute im Hinblick auf die Generierung der Alternativen	97
Tabelle 20: Irrtumswahrscheinlichkeit für zweiseitigen Test	105
Tabelle 21: Verzeichnis der Modellansätze	107
Tabelle 22: MNL-Grundmodell	109
Tabelle 23: Ergebnisse der MNL-Grundmodelle ohne Berücksichtigung ÖV - Abos	110
Tabelle 24: Ergebnisse der MNL-Grundmodelle unter Berücksichtigung der ÖV-Abos	111
Tabelle 25: MNL-Grundmodell + ÖV-Abos	112
Tabelle 26: Ergebnisse des MNL-Grundmodells + ÖV-Abos	112
Tabelle 27: Grundmodell für die NL-Schätzung	113
Tabelle 28: Ergebnisse des NL-Grundmodells + ÖV-Abos (Tabelle 27)	114
Tabelle 29: Modell für den Berufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften	116
Tabelle 30: Modell für den Freizeitverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften	116
Tabelle 31: Modell für den Einkaufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften	117
Tabelle 32: Modell für den Freizeit- und Einkaufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften	118
Tabelle 33: Ergebnisse der Schätzung für die Modelle aus Tabelle 29 - Tabelle 32	119
Tabelle 34: Nutzenfunktion für alle Reisezwecke mit soziodemografischen Eigenschaften	121
Tabelle 35: Ergebnisse der Schätzung für das Modell aus Tabelle 34	121
Tabelle 36: Erweitertes Modell mit zusätzlichen Interaktionen des Einkommens und der Reisekosten	124
Tabelle 37: Modell für den Berufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften	130
Tabelle 38: Modell für den Einkaufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften	131
Tabelle 39: Modell für den Freizeitverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften	133
Tabelle 40: Modell für den Freizeit- und Einkaufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften	134
Tabelle 41: Ergebnisse der Schätzung für die Modelle aus den Tabellen 37 – 40	136
Tabelle 42: Übersicht der geschätzten Zeitkosten in Abhängigkeit des Einkommens gesplittet nach Reisezweck	137

Abkürzungen

%	Prozent
£	Pfund Sterling
€	Euro
ALS	Area Licensing Scheme
API	Application Programming Interface
AVC - Matrix	Varianz-Kovarianz-Matrix
BIOGEME	Bierlaire's Optimization Toolbox for GEV Model Estimation
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CAPI	Computer Assisted Personal Interview
CASI	Computer Assisted Personal Interview
Choice Set	Wahlaufgaben
CNL Model	Cross Nested Logit Model
CO ₂	Kohlendioxid
CR	Capacity-Restraint
ct	Euro Cent
ebd	Ebenda
ERP	Elektronic Road Pricing
EV	Einkaufsverkehr
FV	Freizeitverkehr
GPS	Global Positioning System
h	Stunde(n)
HOT – Lane	High Occupancy Toll Lane
HTML	Hypertext Markup Language - Hypertext-Auszeichnungssprache
i.d.g.F.	in der geltenden Fassung
IAP Modell	Implicit Availability Perception Logit Modell
IIA	Independence from Irrelevant Alternatives
KFZ	Kraftfahrzeug
km	Kilometer
km/h	Stundenkilometer
kW	Kilowatt
LM-Test	Lagrange Multiplikatorstest
LR-Test	Likelihood Ratio Test
MAX	Maximum
MIN	Minium
min	Minuten

MIV	Motorisierter Individualverkehr
MNL Model	Multinomial Logit Model
MöSt	Mineralölsteuer
n.s.	Nicht signifikant
NL Model	Nested Logit Model
NO _x	Stickoxide
ÖBB	Österreichische Bundesbahnen
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PAPI	Paper and Pencil Interview
PKW	Personenkraftwagen
POI	Point of Interest
RC	Rational Choice
RP	Revealed Preference
SD	Standartabweichung
SP	Stated Preference
VOT	Value of Time
VTTS	Valuation of travel time savings / Zahlungsbereitschaft für Reisezeitänderungen
WAPI	Web Assisted Personal Interviews
W-Test	Wald – Test

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Mobility Pricing nimmt in der verkehrspolitischen Diskussion eine zentrale Stellung ein. Die gezielte Steuerung der Nutzungskosten für unterschiedliche Infrastrukturangebote soll einerseits der verursachergerechten Finanzierung von Infrastrukturmaßnahmen und andererseits der Lenkung des Verkehrsaufkommens dienen. Eine besondere Herausforderung für die Infrastrukturplanung stellt hierbei die Lenkung des motorisierten Individualverkehrs durch Straßennutzungsgebühren (Road Pricing) dar. International kommen gegenwärtig verschiedenste Road Pricing Systeme mit unterschiedlichen Zielsetzungen und beobachteten Effekten zum Einsatz.

In Österreich müssen motorisierte Verkehrsteilnehmer derzeit für Autobahnen und Schnellstraßen Straßenbenutzungsabgaben leisten. Darüber hinaus werden aufgrund der kostenintensiven Errichtung und Instandhaltung von Brücken und Tunnels auf sogenannten „Sondermautstrecken“ zusätzliche Benutzungsgebühren eingehoben. Die Vignette ist im internationalen Vergleich eine Flatrate für Autofahrer und wird somit von den Verkehrsteilnehmern nicht als leistungsbezogene Abgabe gesehen. Im Gegensatz dazu könnte durch leistungsgerechte Abgaben, etwa durch eine Erhöhung der Mineralölsteuer oder zeitlich und örtlich gestaffelte Nutzungsgebühren, das Verkehrsverhalten differenziert gelenkt werden.

Für einen gezielten Einsatz von Mobility Pricing Maßnahmen muss die Wirkung unterschiedlicher Einflussfaktoren auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer bekannt sein [Vrtic, 2004; Boltze & Roth, 2009; Roth, 2009; Reiter et al., 2009; zu den Hauptzielen und Nebeneffekten von Mobility Pricing Systemen im internationalen Vergleich siehe Tabelle 1]. Hierzu werden auf Basis repräsentativer empirischer Daten über das Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer Modelle generiert, welche die für die Routen- und Verkehrsmittelwahl relevanten Parameter (Kosten, Zeit, Verlässlichkeit des Verkehrsmittel, soziodemografische Charakteristika, etc.) abbilden.

Aus bisherigen Forschungsarbeiten geht hervor, dass sich die Effekte von Mobility Pricing Maßnahmen vor allem in der Routen- und Verkehrsmittelwahl zeigen. Die Verhaltensveränderungen hängen dabei sowohl von der Art des Mobility Pricing Systems als auch von der Höhe des Entgelts ab. Hinsichtlich des unmittelbaren Einflusses räumlicher und soziodemografischer Faktoren auf die Wahlentscheidungen der Verkehrsteilnehmer ist die Datenlage widersprüchlich. Die unterschiedliche Wirtschaftslage, Infrastruktur und Verkehrssituation im europäischen Raum lässt dennoch die Übertragbarkeit der Ergebnisse nationaler Studien auf andere Länder offen. Dies verweist zum einen auf die Notwendigkeit von Validierungsstudien auch im innereuropäischen Vergleich. Zum Anderen gilt es relevante Faktoren zu ermitteln, die differentielle Ergebnisse aus unterschiedlichen Ländern erklären können, eine Umlegung nationaler Studienergebnisse (wie die der vorliegenden Untersuchung) auf andere Länder rechtfertigen. Nicht zuletzt müssten die für eine Übertragbarkeit auf internationaler Ebene notwendigen Modifikationen ermittelt werden.

Für österreichische Konzeptionen wurde bislang auf die Ergebnisse ausländischer Studien (v.a. aus der Schweiz und Deutschland) zurückgegriffen, ohne deren Übertragbarkeit auf österreichische Verhältnisse zu hinterfragen. Entsprechende empirische Untersuchungen im österreichischen Raum liegen bislang nicht vor.

1.2 Zielsetzung und Fragestellungen

Erstmals untersucht die vorliegende Arbeit die Auswirkungen von Mobility Pricing Maßnahmen anhand repräsentativer Daten der österreichischen Verkehrsteilnehmer. Folgende übergeordnete Forschungsfragen sollen hierbei geklärt werden:

- **Wie verändert sich das Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer im Hinblick auf die Verkehrsmittel- und Routenwahl durch unterschiedliche Mobility Pricing Maßnahmen?**
- **Wie wirkt sich eine Variation der Reisekosten und Reisezeit auf die Routenwahlentscheidung und Verkehrsmittelwahl der Verkehrsteilnehmer aus?**

Die Modellierung der Entscheidungen hinsichtlich der Routen- und Verkehrsmittelwahl erfolgt über diskrete Entscheidungsmodelle, wie das Multinominale Logit-Modell. Dabei wird der Einfluss von Eigenschaften wie Reisekosten, Reisezeit, der Verlässlichkeit und der Straßenart einer Route untersucht. Die Grundlage dafür bildet ein Stated Preference Experiment, das anhand von Echtzeitdaten die Eigenschaften der Routen beschreibt und die Präferenzen der Verkehrsteilnehmer misst. Die Einflussgrößen werden in Nutzenfunktionen (Modellschätzungen) durch Modellparameter ausgedrückt. Dabei wird in der vorliegenden Arbeit auch ein möglicher Zusammenhang zwischen soziodemografischen Variablen, wie Alter, Geschlecht oder Einkommen, und dem Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer untersucht.

Die Modellspezifikationen mit der höchsten Modellgüte und Plausibilität werden näher dargestellt und in der Folge um weitere potentiell entscheidungsrelevante Faktoren (Abonnements für den öffentlichen Verkehr, etc.) ausgebaut.

Im Speziellen sollen mögliche Wirkzusammenhänge im Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer anhand nachangeführter Fragestellungen geklärt werden:

- Welchen Einfluss hat die zu erwartende Reisedauer auf die Routen- und Verkehrsmittelwahl sowie die Zahlungsbereitschaft der Verkehrsteilnehmer?
- Wie wirkt sich die zu erwartende Verlässlichkeit des Verkehrsangebots auf die Routenwahl der Verkehrsteilnehmer aus?
- Inwieweit beeinflusst die Straßenart die Routenwahl, sowie die Zahlungsbereitschaft der Verkehrsteilnehmer?
- Unterscheiden sich die Richtung und Stärke des Einflusses der verschiedenen entscheidungsrelevanten Parameter bei unterschiedlichen Reisezwecken (Berufs-, Einkaufs- bzw. Freizeitverkehr)?

Im Hinblick auf Mobility Pricing Maßnahmen:

- Inwieweit basiert das Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer hinsichtlich Routen- und Verkehrsmittelwahl, sowie Zahlungsbereitschaft auf der Variation der Treibstoffkosten?
- Welchen Einfluss hat die unterschiedliche Ausprägung von Mautgebühren auf das die Routen- und Verkehrsmittelwahl, sowie die Zahlungsbereitschaft der Verkehrsteilnehmer?
- Wie wirkt sich die Auflistung der Gesamtkosten der Reise auf die Routen- und Verkehrsmittelwahl sowie die Zahlungsbereitschaft der Verkehrsteilnehmer aus?
- Unterscheiden sich die Richtung und Stärke des Einflusses der verschiedenen entscheidungsrelevanten Parameter bei unterschiedlichen Reisezwecken?
- Inwieweit besteht ein Zusammenhang zwischen soziodemografischen Variablen und dem Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer?
- Moderieren soziodemografische Variablen die Auswirkung unterschiedlicher Routenattribute auf das Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer?

Anhand der erhobenen Daten werden in einer schrittweisen Analyse Entscheidungsmodelle nach dem Logit-Ansatz entwickelt, hinsichtlich ihres Erklärungspotentials und ihrer inhaltlichen Plausibilität verglichen, um zu einer möglichst breit generalisierbaren, systematischen Beschreibung des Routenwahlverhaltens zu gelangen. Diese regressionsanalytisch basierten Modelle lassen eine Quantifizierung des Einflusses unterschiedlicher, systematisch variiertes Parameter und soziodemografischer Variablen auf die Routen- und Verkehrsmittelwahlentscheidung zu und ermöglichen die Untersuchung möglicher Wechselwirkungen zwischen den einzelnen, potentiell entscheidungsrelevanten Faktoren. In weiterer Folge lassen sich Rückschlüsse auf Gesetzmäßigkeiten der Zahlungsbereitschaft auf die Nachfrageelastizität (relative Änderung der nachgefragten Nachfrage bezogen auf eine relative, (infinitesimal) kleine Änderung des Preises) ziehen. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können als Datengrundlage für weitere Berechnungen wie Kapazitätsbeschränkungsfunktionen und andere Umlegungsverfahren, wie etwa TRIBUT-Verfahren, dienen.

Durch einen repräsentativen und umfassenden Datenpool und durch die realitätsnahe Operationalisierung der Forschungsfragen sollen Routenwahlmodelle entwickelt werden, die einerseits möglichst nachvollziehbar und plausibel, andererseits aber auch möglichst breit einsetzbar und generalisierbar sind. Damit lassen sich die Modellschätzungen im Rahmen zukünftiger verkehrspolitischer und infrastruktureller Entscheidungen nutzen. Als weiterer möglicher Anwendungsbereich wären die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit operativ im Bereich des Verkehrsmanagements für die Entwicklung von Maßnahmen der Verkehrsberuhigung, Verkehrsverlagerung (zeitlich und räumlich) und der Verkehrslenkung (Verkehrsmittelwahl, Routenwahl) einsetzbar.

1.3 Abgrenzung des Forschungsgegenstands

1.3.1 Inhaltliche Systemabgrenzung

Der Forschungsgegenstand bezieht sich auf das Präferenzverhalten (Kriterium) in Abhängigkeit von Parametern (Prädiktorvariablen) die für variable und dynamische Mautsysteme von Bedeutung sind. Die Auswahl der Variablenausprägungen wurde basierend in der Literatur berichteten Wirkfaktoren

und den Ergebnissen des Pretests vorgenommen. Die Generierung des Modells beabsichtigt die Ermittlung von Schätzgrößen, die sich vor allem auf die Auswirkungen von Reisekosten, zeitlichen Aspekte und Straßenarten auf das Entscheidungsverhalten von Verkehrsteilnehmern beziehen. Die Datenerhebung erfolgte anhand hypothetischer Verkehrssituationen, deren lokale und temporäre Bedingungen basierend auf Verkehrsdaten von Reiseinformationsdiensten das regionale Angebot realitätsgetreu abbilden.

1.3.2 Zeitliche Systemabgrenzung

Im Hinblick auf die Modellergebnisse werden Angaben zur kurzfristigen Routen- und Verkehrsmittelwahl untersucht. Längerfristige Auswirkungen, etwa der Wechsel von Wohn- und Arbeitsplatz, können aufgrund des kurzen Erhebungszeitraums nicht erfasst werden.

Die Erhebung welche für die Modellschätzung die Basis diente fand im Sommer 2011 statt.

1.3.3 Räumliche Systemabgrenzung

Im Gegensatz zu vorangegangenen Studien wird darauf hingewiesen, dass sich diese Arbeit auf das Entscheidungsverhalten der österreichischen Verkehrsteilnehmer bezieht und die Modellergebnisse für verkehrspolitische Maßnahmen in Österreich zur Verfügung stehen.

Die Modellschätzungen basieren auf den, mittels eines selbst entwickelten Erhebungsinstrumentes gewonnenen, Daten einer möglichst repräsentativen Stichprobe der Führerscheinbesitzer der Bundesländer Steiermark, Niederösterreich und Wien. Zum Erhebungszeitpunkt war nur in diesen drei Bundesländern eine elektronische Fahrplanabfrage des öffentlichen Verkehrs möglich. Es wurden in jedem Bezirk der drei Bundesländer Befragungen durchgeführt. Die gefundene Verteilung von Alter, Geschlecht und Haushaltsgröße in der Stichprobe ist mit der Grundgesamtheit der Allgemeinbevölkerung in den jeweiligen Bundesländern vergleichbar, Ballungsräume sind gegenüber ländlichen Regionen jedoch überrepräsentiert, ebenso Personen mit höherem gegenüber Personen mit geringem Bildungsstand.

1.3.4 Modelltechnische Abgrenzung

Wenn man davon ausgeht, dass der Mensch nicht immer nach vollständig rationalen und ökonomischen Prinzipien handelt, muss eine Abgrenzung zwischen rationalem Nutzenkalkül und „freien“ Willen getroffen werden. Unter der Prämisse des rationalen Zustandekommens einer Entscheidung ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine bestimmte Alternative gewählt wird gleich der Wahrscheinlichkeit, dass der Nutzen dieser Alternative größer ist als der Nutzen aller anderen Alternativen [Platzer, 2009, S.43]. Urban [1993] stellt hierzu fest, die Affinität zwischen Theorie- und Statistik Modell komme unter anderem dadurch zustande, dass jede zu erklärende, diskrete Variable als Messung eines Ergebnisses verstanden werden kann, dessen Eintreten möglich aber nicht sicher ist.

Auf der Nutzenmaximierungsannahme der Rational Choice Theorie basierende RC- Modelle (siehe, bieten eine hohe Flexibilität bzw. Anpassungsmöglichkeiten an beobachtetes Verhalten mithilfe statistischer Methoden [Ben-Akiva & Lerman, 1985]. Angesichts ihrer idealistischen Grundannahmen (volle Information, rationale Kosten-/Nutzenabwägung und nutzenmaximierende Handlungen des Probanden) sind RC – Modelle allerdings in der Beobachtung von kombinierter Eigenschaften (z.B. Kosten, Zeit, Verlässlichkeit) und deren Beurteilung des subjektiv variierenden Nutzens problematisch [Seebauer, 2001].

Das Mobilitätsverhalten ist abhängig vom Ablauf individueller Aktivitätsketten, daher wurde bei der Modellentwicklung sehr stark vereinfachte Zusammenhänge (räumliche Strukturdaten etc.) miteinbezogen. Die verwendeten Logit-Modelle weisen gegenüber RC-Modellen einige Vorteile hinsichtlich der Analyse der Abhängigkeitsstruktur zwischen unabhängigen und abhängigen Variablen auf. Weiter Vorteile werden Kapitel 3 erläutert.

1.4 Aufbau der Studie

In der vorliegenden Arbeit sollen die theoretischen und methodischen Grundlagen beschrieben werden, auf denen die in der Folge präsentierte empirische Untersuchung und Modellschätzungen basieren. Der theoretische Hintergrund (Literaturrecherche) gliedert sich wiederum in zwei große Themenblöcke: Mobility Pricing und diskrete Entscheidungsmodelle.

Im ersten Teil werden umfassende Informationen zum Mobility Pricing, dessen Umsetzung, Zielsetzungen und Effekte wiedergegeben. Darüber hinaus werden die Hintergründe der externen Kosten im motorisierten Individualverkehr und Strategien zur Initialisierung beschrieben. Aufbauend auf die theoretischen Grundlagen werden die Zugänge zu unterschiedlichen Routenwahlmodellen erläutert. Dabei handelt es sich um mögliche Anwendungsbereiche für die Modellergebnisse der vorliegenden Studie.

Der zweite Themenblock beschreibt die Ansätze diskreter Entscheidungsmodelle. Sie sind aufgrund der Verhaltensmodellierungen der Verkehrsteilnehmer von zentraler Bedeutung. Neben den Eigenschaften wird auch auf die Modellgrundlagen hinsichtlich der mikroökonomischen Theorie eingegangen. Auf Basis der Zufallsnutzentheorie werden jene Modellansätze dargestellt, die in der vorliegenden Studie eingesetzt werden. Dabei wird speziell auf die Logit-Modelle eingegangen. Im Hinblick auf die Umsetzung werden sowohl die Messinstrumente als auch unterschiedliche Designs und spezielle Designkonstruktionen beschrieben. Über die Informationen zum Discrete Choice Experiment wird abschließend auf die empirische Studie übergeleitet.

Es folgt die Darstellung der empirischen Studie hinsichtlich Konzeption und Struktur, angewandte Erhebungstechniken sowie die Beschreibung des Fragebogens und des Versuchsplans. Des Weiteren werden die Stichprobe, die deskriptive Analyse zu den unabhängigen Variablen und die Streckenanalyse angeführt. Die Modellgenerierung setzt sich aus dem Modellansatz, der Analyse der Auswirkungen auf die Routenwahl und der Schätzung der Modellparameter zusammen. Weiterführend werden die Modellspezifikationen sowie die Modellanwendung und Ergebnisse präsentiert. Den Abschluss der Studie bilden Diskussion und Empfehlungen sowie Zusammenfassung und Ausblick. Nachfolgend sind die wichtigsten Arbeitsschritte der Studie zusammengefasst:

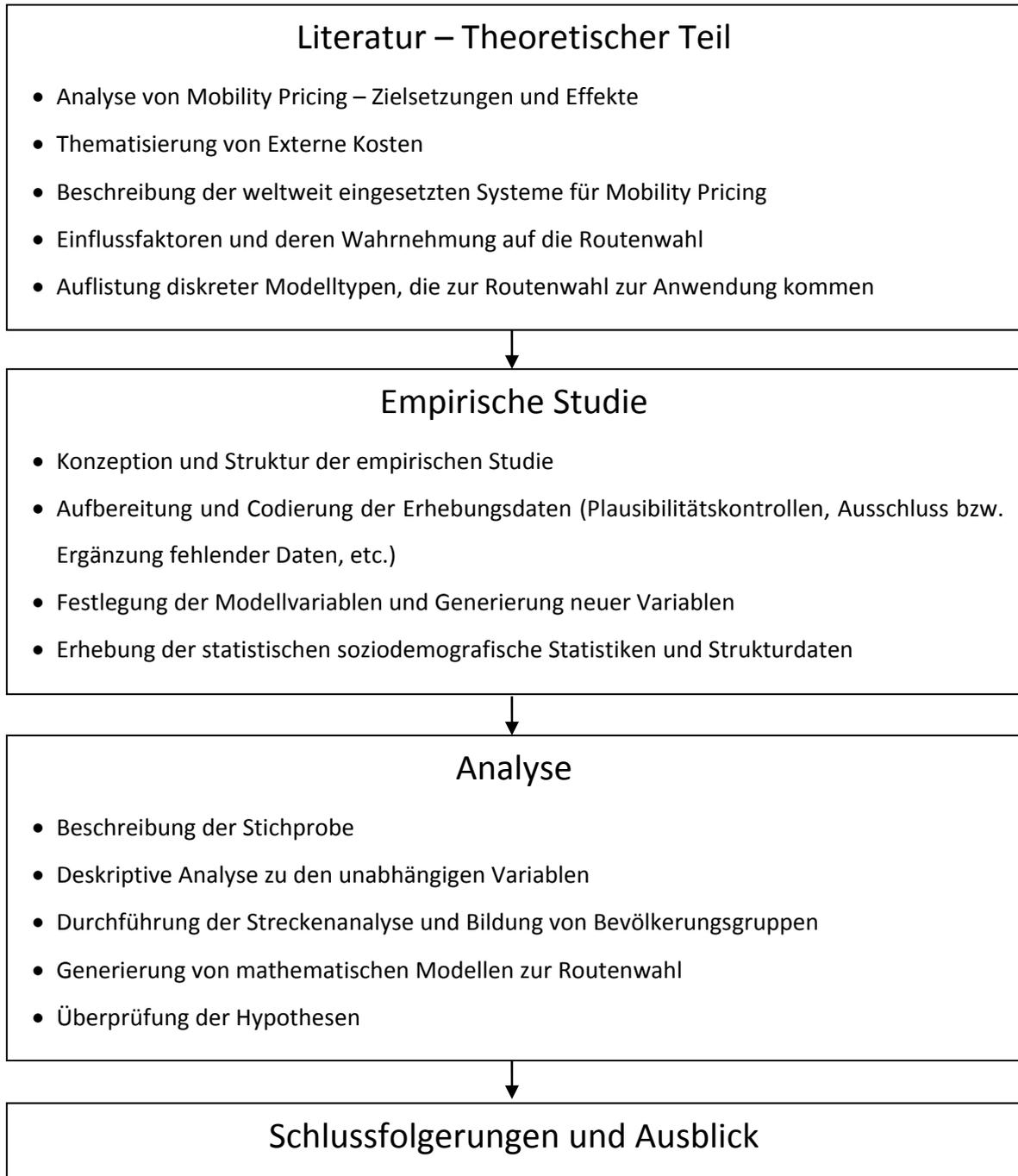


Abbildung 1: Untersuchungsablauf

2 Mobility Pricing

In der verkehrspolitischen Diskussion nimmt Mobility Pricing eine zentrale Stellung ein. Dabei geht es einerseits um die Einhebung benutzungsbezogener Abgaben im motorisierten Individualverkehr und öffentlichen Verkehr, andererseits kann mit den Maßnahmen die Verkehrsnachfrage gesteuert werden. Mobility Pricing ist in Bezug auf den motorisierten Individualverkehr auch unter dem Begriff Road Pricing bekannt. Die Maßnahmen im Mobility Pricing sind vielfältig, so auch die unterschiedlichen Zielsetzungen und Effekte. Thematisiert werden dabei immer wieder die externen Kosten (Staukosten, Unfallkosten..) des motorisierten Verkehrs und deren Internalisierung. Erfahrungswerte bezüglich der Umsetzung gibt es von mehreren Großstädten und ausgedehnten Regionen (siehe Tabelle 1). Es bestehen jedoch Wissenslücken bezüglich der Auswirkungen preislicher Maßnahmen auf das Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer. Damit dahingehend Informationen erlangt werden können, werden Modelle generiert, die möglichst realitätsnahe Prognosen erstellen. In den folgenden Kapiteln werden dazu die wesentlichen Aspekte des Mobility Pricings und Ansätze zu Verkehrsmodellierungen beschrieben.

2.1 Maßnahmen des Mobility Pricings im Überblick

Mobility Pricing ist der Überbegriff für alle Instrumente, bei denen der Nutzer für seine mögliche oder realisierte räumliche Mobilität im Personen- und Güterverkehr bezahlen muss [Roth, 2009]. Der Themenbereich umfasst die Straßenbenutzungsgebühren, Parkgebühren und auch die Tarifierung im öffentlichen Verkehr.

Abbildung 2 gibt einen Überblick über Mobility Pricing Maßnahmen, die bis zum heutigen Zeitpunkt umgesetzt werden. Neben der KFZ- und Mineralölsteuer, den Parkgebühren und der ÖV-Tarife, gibt es unterschiedliche Arten der Straßenbenutzungsgebühren. Im folgenden Abschnitt werden die einzelnen Maßnahmen definiert und näher erläutert.

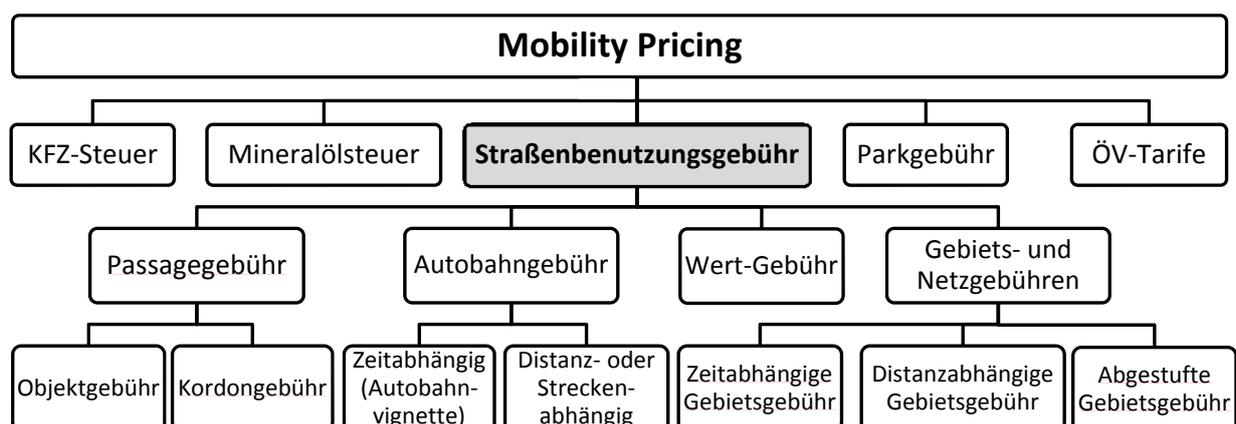


Abbildung 2: Systemaufbau Mobility Pricing [vgl. Evans et al., 2003; Rapp, 2008; Roth, 2009]

2.1.1 Steuern auf das Kraftfahrzeug

In Österreich gibt es unterschiedliche Formen der Besteuerung von Kraftfahrzeugen:

Einerseits gibt es beim Kauf eines Fahrzeuges einmalige Abgaben. Dazu gehören eine Art Sondersteuer beim Neukauf in Form der so genannten Normverbrauchsabgabe (NoVA) und die Umsatzsteuer. Andererseits sind laufende Abgaben für im Verkehr befindliche Fahrzeuge zu entrichten. Hierunter fallen die motorbezogene Versicherungssteuer und die Kraftfahrzeugsteuer.

Normverbrauchsabgabe (NoVA)

Die Normverbrauchsabgabe ist eine Art Aufschlag zur Umsatzsteuer. Vorher gab es eine erhöhte Umsatzsteuer von 32%, welche durch Einführung der NoVA kompensiert wurde. Gleichzeitig wird mit der Abgabe ein Bonus für verbrauchsarme Kraftfahrzeuge geschaffen.

Der NoVA unterliegen die Lieferung und der Eigenimport von bisher im Inland nicht zum Verkehr zugelassenen Kraftfahrzeugen sowie die Änderung der begünstigten Nutzung bei bisher befreiten Fahrzeugen [Normverbrauchsabgabegesetz 1991, BGBl 1991/695 i.d.g.F.]. Unter die NoVA-Pflicht fallen Motorräder, Personenkraftwagen, Kombinationskraftwagen, Kleinbusse, Campingbusse aber auch Sonderfahrzeuge wie Quads (vierrädrige Motorräder) [ÖBN, 2011].

Bemessungsgrundlage ist das Entgelt bzw. der gemeine Wert des Fahrzeuges. Der Steuersatz richtet sich nach dem durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch. Gemäß der EU-Richtlinie 1980/1268 i.d.F. 1993/116 und 1999/100 (MVEG-Zyklus) gelten für die Berechnung der NoVA die EU-einheitlichen Verbrauchswerte.

Derzeit sind elektrisch betriebene Fahrzeuge und Kleinkrafträder sowie bestimmte Dienstfahrzeuge wie Taxiwagen, Einsatzfahrzeuge und Begleitfahrzeuge für Sondertransporte von der Steuerpflicht ausgenommen.

Vorführfahrzeuge von Händlern sind (bis zum Verkauf) von der NoVA ausgenommen. Seit 2011 gibt es ein Bonus-Malus-System anhand von Grenzwerten des Neuwagens hinsichtlich CO₂- und NO_x-Emissionen sowie für Partikelfilter [ÖBN, 2011].

Motorbezogene Versicherungssteuer

Die motorbezogene Versicherungssteuer wird im Vergleich zur NoVA nicht einmalig, sondern periodisch eingehoben. In der Regel wird sie mit der Kraftfahrzeug-Haftpflichtversicherung eingehoben.

Steuerpflichtig sind alle Kraftfahrzeuge, welche nach österreichischem Recht versicherungspflichtig sind und folgende Voraussetzungen erfüllen:

- Personenkraftwagen, Kombinationskraftwagen und Krafträder
- alle anderen Kraftfahrzeuge (ausgenommen Zugmaschinen und Motorkarren) mit einem höchstens zulässigen Gesamtgewicht bis 3,5 Tonnen

Ausgenommen sind Elektrofahrzeuge, selbst fahrende Zugmaschinen, Fahrzeuge für Gebietskörperschaften, Rettungsdienste, Feuerwehren und andere. Die Höhe der Steuer berechnet sich wie folgt (ausgenommen Motorräder):

- $(\text{Motorleistung in kW} - 24 \text{ kW}) \times 0,55 = \text{monatliche Steuer in €}$
- Bei Motorrädern wird der Hubraum in $\text{cm}^3 \times 0,022$ zur Berechnung herangezogen. Der Mindestsatz liegt bei 5,5 €/Monat und der Höchstsatz (nicht gültig für PKW oder Kombi) bei 60 €/Monat. Für Fahrzeuge ohne Katalysator kommt ein Zuschlag von 20% hinzu.

Kraftfahrzeugsteuer

Der Kraftfahrzeugsteuer unterliegen in einem inländischen Zulassungsverfahren zum Verkehr zugelassene

- Kraftfahrzeuge mit einem höchsten zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 3,5 Tonnen,
- Anhänger mit einem höchsten zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 3,5 Tonnen,
- Zugmaschinen und Motorkarren, unabhängig von ihrem höchstens zulässigen Gesamtgewicht.

Der Kraftfahrzeugsteuer unterliegen auch in einem ausländischen Zulassungsverfahren zum Verkehr zugelassene Kraftfahrzeuge, die auf Straßen mit öffentlichem Verkehr im Inland verwendet werden, sofern nicht zwischenstaatliche Abkommen Abgabenbefreiungen vorsehen.

Der Steuersatz beträgt pro Monat für jede Tonne höchstens zulässiges Gesamtgewicht:

- bei Fahrzeugen mit einem höchstens zulässigen Gesamtgewicht bis zu 12 Tonnen € 1,55, mindestens jedoch € 15
- bei Fahrzeugen mit einem höchstens zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 12 Tonnen bis zu 18 Tonnen € 1,70
- bei Fahrzeugen mit einem höchstens zulässigen Gesamtgewicht von mehr als 18 Tonnen € 1,90, höchstens € 80, bei Anhängern höchstens € 66
- bei PKW und Kombi über 3,5 Tonnen jeweils € 0,60 je kW der um 24 kW verringerten Motorleistung, mindestens jedoch € 6 (20% Zuschlag bei Fahrzeugen mit Fremdzündungsmotor ohne Katalysator)

2.1.2 Mineralölsteuer

Die Mineralölsteuer ist in Österreich eine Verbrauchsabgabe, mit der Kraftstoffe und Heizstoffe aus Mineralölen besteuert werden. Je nach Produkt (z.B. Benzin, Diesel oder Flüssiggas), Zusammensetzung (z.B. Schwefelgehalt) und Verwendung (z.B. Kraftstoff oder Heizstoff) gelten unterschiedliche Steuersätze [vgl. RIS, 2011].

2.1.3 Parkgebühren

Die Einhebung von Parkgebühren unterliegt in Österreich der Zuständigkeit der Gemeinden. Das Landes-Parkgebührengesetz ermächtigt die Gemeinden für das Abstellen von mehrspurigen Kraftfahrzeugen an öffentlichen Straßen (Kurzparkzonen) eine Parkgebühr einzuheben. Die Umsetzung erfolgt über den Beschluss der Gemeindevertretung und kann ausschließlich als Gemeindeabgabe herangezogen werden [Neuhofer 1998, S.457].

2.1.4 Straßenbenutzungsgebühren

Die Straßenbenutzungsgebühr ist ein Sammelbegriff für das Einheben von Abgaben für das Befahren von Straßen. Im internationalen Raum wird der Begriff „Road Pricing“ verwendet.

Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden von Knight und Pigou die ersten Ansätze festgehalten, bei denen es darum ging, Verkehrsteilnehmer mit Gebühren für die Straßenbenutzung zu belasten [Knight, 1924; Pigou, 1929; Krapf, 2001]. Aufgrund der Zunahme des motorisierten Individualverkehrs Ende der 50er wurden mehrere theoretische Zugänge geschaffen. Aus dem britischen Verkehrsministerium ging im Jahr 1964 der Smeed-Report, die Beschreibung der Theorie diverser Road Pricing Maßnahmen, hervor [Ministry of Transport, 1964]. Dabei wurde die enge Verknüpfung zwischen Gebühren und Straßennutzung thematisiert [Beckmann et al., 1956; Walters, 1961; Johnson, 1964]. Dieser Zugang bildet die Grundlage für variable Entgelte sowie die Differenzierung im Hinblick auf unterschiedliche Straßen, Zeiten oder Autoklassen [vgl. Ison, 2004]. Die Einhebung von Straßenbenutzungsgebühren beruht auf dem Verursacherprinzip, bei dem die gesamten Kosten der Straßennutzung jene Personen zu tragen haben, die die Infrastruktur in Anspruch nehmen [vgl. Steininger et al., 2005; Herry et al., 2007].

Trotz der vielseitigen theoretischen Abhandlungen wurden die Ansätze über zwanzig Jahre nicht angewendet. Die einzige Ausnahme bildete der Stadtstaat Singapur, der im Jahr 1973 ein Road Pricing System einführte (siehe Kapitel 2.2.4). In den 80er Jahren wurden die Überlegungen im Hinblick auf die technische Umsetzung erweitert. Insbesondere lag der Schwerpunkt in der Verkehrstelematik, mit deren Hilfe Straßenbenutzungsabgaben auf elektronischem Wege erhoben werden können (elektronisches Road Pricing).

Die Straßenbenutzungsgebühren haben bis heute vielseitige Formen angenommen. Im folgenden Abschnitt werden einzelne Ausprägungen des Gebührensystems angeführt.

2.1.4.1 Passagegebühren

Passagegebühren können entweder durch Objektgebühren oder in Form von Kordongebühren eingehoben werden.

Die Objektgebühr ist für das Befahren von Brücken, von einzelnen besonderen Straßenabschnitten oder das Passieren von Tunnel zu entrichten. Dieses System wurde beispielsweise für die Durchfahrt des Arlbergtunnels oder die Überquerung der Öresund-Brücke umgesetzt.

Das Kordonsystem ist auf internationaler Ebene bekannt als „Cordon Pricing.“ Dabei wird die Ein- oder Ausfahrt in oder aus einem begrenzten Gebiet kontrolliert. Die Gebührenerhebung erfolgt beim Übertreten der Grenze (des Kordons) auf den Zufahrts- oder Abfahrtsstraßen zum gebührenpflichtigen Bereich. Bei Autobahnen wird zwischen zeitabhängigen (Autobahnvignette) oder distanz- oder streckenabhängigen Gebühren unterschieden. Erstere beziehen sich auf das Befahren eines Autobahnnetzes während der bezahlten Periode. Dieses System wird in Österreich anhand von Autobahnvignetten umgesetzt. Distanz- und streckenabhängige Gebühren werden im Zuge von Autobahnabschnitten eingehoben und sind bekannt als Autobahnmaut. Sie ist in den Ländern Frankreich, Italien und Spanien zu entrichten. In Österreich gibt es diese Form für Lastkraftwagen.

2.1.4.2 Wertgebühren

Wertgebühren werden für das Befahren von Sonderspuren eingehoben, die zahlungsbereiten Benutzern zur Verfügung stehen. Das System bezieht sich auf die Wert-Preiskalkulation und ist

besser bekannt als „Value Pricing“. Ziel ist es, den Verkehrsteilnehmern ein ungehindertes Vorankommen zu gewährleisten. Die Gebühren orientieren sich an der Verkehrsbelastung. Um eine optimale Auslastung zu erreichen, werden die Fahrstreifen häufig von Fahrzeugen mit hohem Besetzungsgrad kostenlos oder zu einem reduzierten Tarif mitbenutzt [Balmer et al., 2007]. Als Beispiel hierfür sind die so genannten High Occupancy Toll Lanes (HOT-Lanes) in Los Angeles zu nennen [Rapp, 2004; 2005].

2.1.4.3 Netz- und Gebietsgebühren

Netzgebühren werden für das Befahren eines zusammenhängenden Netzes von Streckenabschnitten eingehoben. Als Beispiel können Autobahngebühren herangezogen werden. Gebietsgebühren sind für die Benutzung von festgelegten Gebieten sämtlicher Straßen zu entrichten. Sie werden vor allem im städtischen Bereich eingesetzt [vgl. Halbritter et al. 2008].

Die Maßnahmen werden weiters in Area Licensing, distanzabhängige sowie komplexe Gebietsgebühr unterteilt.

Zeitabhängige Gebietsgebühr: Die Einhebung von Gebühren gilt für das Befahren aller Straßen in einem Gebiet während einer bezahlten Periode. Dieses System findet etwa in London Anwendung (Congestion Charging).

Distanzabhängige Gebietsgebühr: Hier handelt es sich um eine kilometerabhängige Abgabe für das Befahren aller Straßen innerhalb eines Gebietes. Dieses System wurde in Großbritannien in einer Planungsphase anhand des Lorry Road User Chargings eingesetzt.

Komplexe Gebietsgebühren: Das System kann sowohl distanz- als auch streckenabhängig sein. Die Gebühren unterscheiden sich nach Straßentyp und gelten für das Befahren aller Straßen in einem Gebiet. Für die zeitabhängigen Gebietsgebühren gilt als Bemessungsgrundlage die Aufenthaltszeit innerhalb des gebührenpflichtigen Gebiets. Im Fall von Distanzabhängigkeit berechnet sich die Gebühr aufgrund von innerhalb des Gebiets zurückgelegten Fahrleistungen.

Welche Mobility Pricing Maßnahmen eingesetzt werden, hängt von den Zielsetzungen und den entsprechenden Effekten ab.

2.2 Zielsetzungen

Straßenbenutzungsgebühren können unterschiedliche Zielsetzungen verfolgen. Unter anderem ist die Finanzierung ein Grund für die Einführung der Maßnahmen, da öffentliche Auftraggeber die Infrastruktur nicht oder nur teilweise aufrechterhalten können. Zu den finanziellen Aspekten zählt auch die Internalisierung externer Kosten im Hinblick auf das Verursacherprinzip sowie die Verkehrslenkung oder die Umweltentlastung.

2.2.1 Finanzielle Aspekte

Bei der Finanzierung der Straßeninfrastruktur handelt es sich um die älteste Zielsetzung, die Straßenbenutzungsgebühren zugewiesen wird. Bereits im Mittelalter wurden Mautgebühren und Wegezölle in ganz Europa eingehoben. Schon damals sollten die Finanzierungsabgaben helfen, die finanziellen Mittel für den Erhalt und den Ausbau des vorhandenen Straßennetzes zu schaffen und den Straßennutzern die Wegekosten verursachergerecht anzurechnen [Teubel, 2001; Lay, 1994, S. 124 ff].

Die ersten wissenschaftlich fundierten theoretischen Überlegungen zur Umsetzung von Road Pricing Maßnahmen gehen auf den Beginn des 20. Jahrhunderts zurück. Vickrey [1969] geht in seiner Veröffentlichung primär auf die nutzerfinanzierte Erhebung von Gebühren zur Deckung der Infrastrukturkosten ein. Daraus leitet er eine langfristige optimale Investitionspolitik für den Erhalt und Ausbau der Verkehrsinfrastruktur ab. Die Einnahmen aus den Straßenbenutzungsgebühren werden im Fall des primären Finanzierungsgedanken für die Entwicklung und Aufrechterhaltung des Straßennetzes eingesetzt. Dieses System ist in vielen Ländern schon seit Jahren Bestandteil der Autobahnbenutzung.

Im Hinblick auf die Internalisierung externer Kosten und der Verursachergerechtigkeit werden die Gebühren auf die Konsumenten abgestimmt. Damit können negative Auswirkungen gegenüber Dritten ausgeglichen werden. Hier gilt dasselbe Prinzip wie bei der Verkehrslenkung. Andererseits bewirkt eine lokale Eindämmung des Verkehrsaufkommens die Reduktion von Staus und somit können Aspekte wie Lärm, Schadstoffemissionen oder Landverbrauch gemindert werden [Purtschert, 2008].

2.2.2 Zufahrtsbeschränkung

Zufahrtsbeschränkungen sind lokale, temporäre und zweckbezogene Fahrverbote für den motorisierten Individualverkehr. Diese werden meist in den innerstädtischen Bereichen umgesetzt, daher wird in diesem Fall oft auch von Innenstadtsperren gesprochen [Weinreich, 2004].

Die Ausprägungen der Zufahrtsbeschränkungen können sich auf bestimmte Zeiten oder spezifische Fahrzeugtypen, wie etwa Lastkraftwagen, beziehen.

2.2.3 Verkehrslenkung

Road Pricing Maßnahmen ermöglichen eine gezielte Lenkung des Verkehrs. Im Mittelpunkt der Strategie steht die Intention, den Verkehr sowohl räumlich als auch zeitlich besser auf die zur Verfügung stehende Straßenfläche und das Angebot des öffentlichen Verkehrs abzustimmen und die bestehenden Verkehrsinfrastrukturen optimal zu nutzen [Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), 2008, 2011]. Die Gebühren sollen hinsichtlich Lenkung bzw. Rationalisierung bewirken, dass die Straßenverkehrsnachfrage über den Preis optimal gelenkt wird, optimal an die vorhandenen, nur beschränkt ausbaufähigen Kapazitäten angepasst und eine Überlastung der Straßen vermieden wird. Das bedeutet, dass Road Pricing vor allem in Problemregionen eingesetzt wird. Dabei soll vermehrtes Verkehrsaufkommen durch den Einsatz von Straßenbenutzungsgebühren geregelt werden [Teubel, 2001].

In Bezug auf die Verkehrslenkung werden die Gebühren nach zeitlichen und lokalen Bestimmungen eingehoben. Damit kann erhöhtes Verkehrsaufkommen reduziert werden.

Das so genannte Congestion Pricing bezieht sich auf kurzfristige verkehrslenkende Maßnahmen mit dem Ziel, durch Preise eine zeitliche Verteilung der Verkehrsmengen zu bewirken. Dabei werden verschiedene Zeitperioden und vorhandene Straßenkapazitäten berücksichtigt. Auf diesem Weg können die Verkehrsströme auf Alternativstrecken aufgeteilt oder die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln angeregt werden.

Im Hinblick auf variable Maßnahmen sind die Gebühren in Abhängigkeit von prognostizierten Verkehrsmengen in Streckenabschnitten veränderbar. Mit unterschiedlichen Bepreisungen wird eine

Glättung des zeitlichen Verlaufs der Verkehrsströme erreicht, sodass Staus reduziert oder gänzlich vermieden werden können [Krause, 2003].

2.2.4 Umweltentlastung

Durch eine gezielte Steuerung des Verkehrsaufkommens leisten Road Pricing Maßnahmen einen Beitrag zur Entlastung der Umwelt. Im Wesentlichen bezieht sich der Beitrag auf die Verringerung der Umweltbelastungen, die durch erhöhtes Verkehrsaufkommen verursacht werden. Die Maßnahmen zielen einerseits auf eine zeitliche und örtliche Verlagerung, andererseits auf die Reduktion des Verkehrsaufkommens in Stauräumen ab.

Durch eine Minimierung von Warte- und Haltezeiten und die Aufrechterhaltung des Verkehrsflusses werden die belastenden Emissionen reduziert [Boltze et al., 2006]. Der Rückgang des Kohlenstoffdioxid- oder Stickstoffoxidgehaltes und des Feinstaubes leistet einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Luftqualität.

Erste Studien nach der Einführung der Citymaut in Städten wie London oder Stockholm weisen auf eine geringere Schadstoffbelastung durch die Maßnahmen des Road Pricings hin [vgl. Mietsch, 2007; Roth, 2009].

2.2.5 Garantierte Reisezeit

Das System des Value Pricings zielt auf die Regulierung des Verkehrsflusses ab. Die Nutzung der entsprechenden Fahrstreifen, für die der Nutzer bezahlt, garantiert ihm eine kürzere Reisezeit bis zum Ende dieses „Value-Fahrstreifens“.

Die Ziele der einzelnen Road Pricing Maßnahmen bedingen einander und können meist nicht unabhängig voneinander betrachtet werden. Im Mittelpunkt steht immer jener Effekt, der durch die Abgaben erreicht werden soll. Im Zuge einer Maßnahme entstehen neben dem Haupteffekt auch Nebeneffekte, deren Auswirkungen oft auch einen positiven Einfluss auf das Verkehrswesen haben. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Hauptziele und Nebeneffekte der Road Pricing Maßnahmen: Objektgebühr, Kordonsystem, zeitabhängige Vignettensysteme, distanz- und streckenabhängige Maßnahmen, Area Licensing, distanzabhängige Gebietsgebühr und eine abgestufte Gebietsgebühr. Hier gilt es zu erwähnen, dass es sich um einen exemplarischen Auszug der vorhandenen Systeme handelt.

Im Hinblick auf die Gestaltung der Gebühren wird zwischen statischen, variablen und dynamischen Systemen unterschieden.

Bei einer statischen Bepreisung ist der Tarif über einen bestimmten Zeitraum konstant, variable Systeme werden an das Verkehrsaufkommen angepasst und verändern sich je nach Tageszeit. Dynamische Gebühren passen sich an das aktuelle Verkehrsaufkommen, das in einem festgelegten Intervall (z.B. 15 min) überprüft wird, an. Die Preise bewegen sich zwischen einem Minimum- und Maximum-Tarif.

Abbildung 2 gibt einen Überblick über statische, variable und dynamische Parameter von Mobility Pricing Maßnahmen unter der Berücksichtigung spezifischer Komponenten wie Ort, Zeit, Fahrzeug, User, Nachfrage oder Emissionen und deren Ausprägungen.

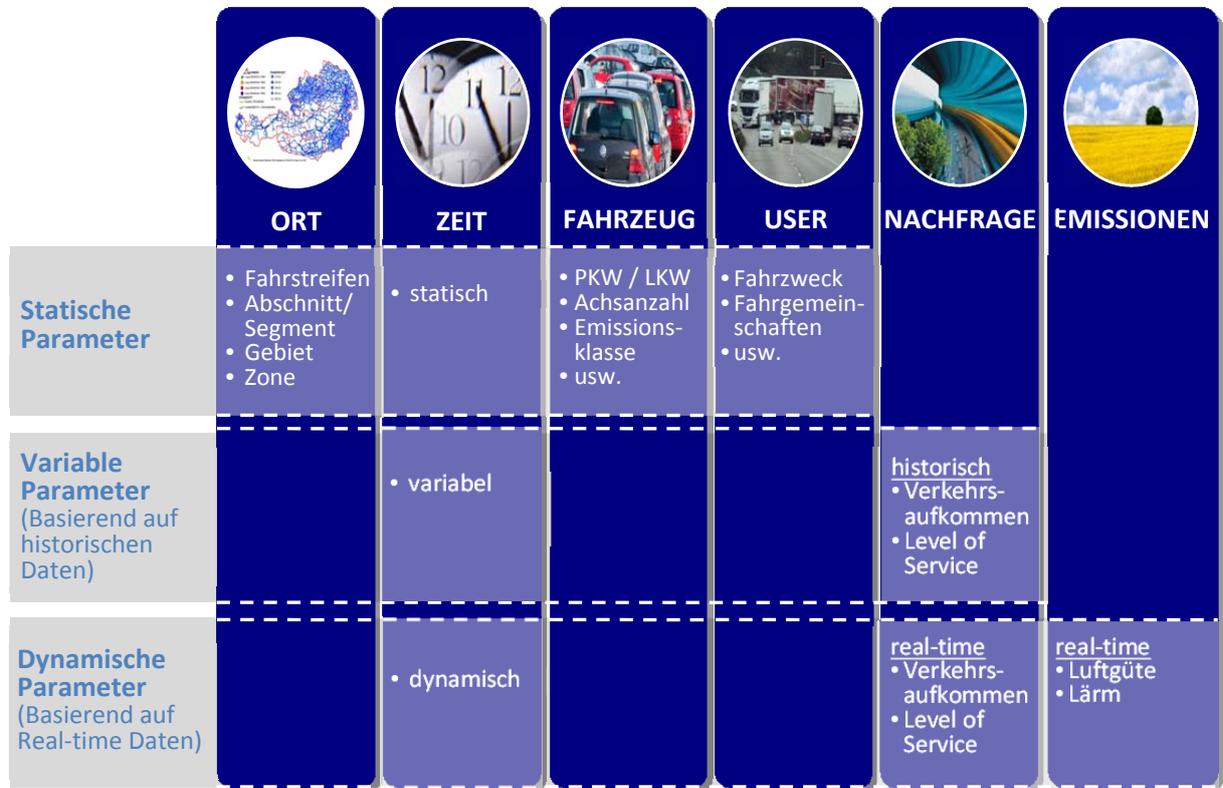


Abbildung 3: Statische, variable und dynamische Parameter der Straßenbenutzungsgebühren
 [Reiter et al., 2009]

Die Umsetzung statischer Straßenbenutzungsgebühren kann über räumliche, zeitliche, fahrzeugtechnische aber auch benutzerdefinierte Attribute erfolgen. Die räumliche Ebene bezieht sich auf die Eingrenzung von Straßenabschnitten. Dabei werden gezielt Zonen oder Fahrbahnabschnitte festgelegt. Das Regelwerk hinsichtlich der Zeit kann statisch, dynamisch oder variabel auf das Verkehrsaufkommen abgestimmt werden. Im Hinblick auf die fahrzeugtechnische Ebene werden Unterscheidungen zwischen Lastkraft- oder Personenkraftwagen getroffen. Weitere Möglichkeiten stellen verschiedene Emissionsklassen oder die Anzahl der Achsen dar. Auf Benutzerebene kann die Absicht der Reise oder die Nutzungsart des Fahrzeugs als Parameter herangezogen werden.

Die variablen Parameter basieren immer auf historischem Datenmaterial. In diesem Fall handelt es sich um die beobachtete Nachfrage, d.h. den Umfang des Verkehrsaufkommens („Level of Service“) aus vorangegangenen Messungen.

Die dynamischen Parameter werden aus Echtzeitdaten gezogen. In diesem Fall werden das Verkehrsaufkommen sowie das „Level of Service“ zu jenem Zeitpunkt gemessen, an dem auch die Regelung durchgeführt wird. Hinsichtlich der Emissionen können hier die Luftqualität sowie die Lärmbelastung erhoben werden.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über Hauptziele, die unterschiedlichen Bepreisungsschemen und Tarifgestaltungen internationaler Road Pricing Maßnahmen.

Die Hauptziele und Nebeneffekten hinsichtlich Finanzierung, Zufahrtsbeschränkung, Verkehrslenkung, sowie die Umweltentlastung, Abnahme von Stauungen und garantierte Reisezeit wurden im Kapitel 2.2 näher erläutert. Generell werden mit dem Einsatz von Straßenbenutzungsgebühren die Änderung der Routenwahl sowie die des Abfahrtszeitpunkts angestrebt.

Die Förderung von öffentlichen Verkehrsmitteln hat das Ziel, dass motorisierte Verkehrsteilnehmer auf Bus, Bahn, u.a. umsteigen. Um das Angebot attraktiver zu gestalten zu können, werden die Verkehrsbetriebe finanziell unterstützt. Eine Erweiterung dieses Ziels stellt die Änderung der Verkehrsmittelwahl dar. Neben der Benutzung der öffentlichen Verkehrsmittel wird hier der Einsatz von Fahrrädern und anderen alternativen Fortbewegungsmitteln angestrebt.

Die Gestaltung von ermäßigten Tarifen erstreckt sich über den Vielfahrer-Bonus, die Bildung von Fahrgemeinschaften und den umweltfreundlichen Maßnahmen der Low Emission Fahrzeuge.

Tabelle 1: Internationale Road Pricing Maßnahmen im Überblick*

	Hauptziele (und Nebeneffekte)								Bepreisungs-schemata			Ermäßigungen					
	Finanzierung	Zufahrtsbeschränkung	Verkehrslenkung	ÖV-Förderung	Änderung Routenwahl	Änderung Abfahrzeitpunkt	Änderung Verkehrsmittelwahl	Abnahme Stauung, Verkehr	Umwelt	Garantierte Reisezeit	statisch	Variabel	dynamisch	Vielfahrer	Fahrgemeinschaften etc.	bei elektronischer Zahlung	Low Emission Fahrzeuge
Objektgebühr (Facility Pricing)																	
Bay-Bridge, San Francisco , USA f	x		x	x		x	x					x			x	x	x
Bosporus-Brücken (Boğazici,Fatih Sultan Mehmet), Türkei	x									x						x	
Brücken und Tunnel, New York, USA (3 Betreiber)																	
York City Department of Transportation ((NYC)DOT)	x			x				x	x	Keine Maut							
Metropolitan Transportation Authority (MTA)	x									x						x	
Port Authority of New York and New Jersey	x		x			x				x	x				x	x	x
Brücken und Tunnel, New Jersey, USA																	
Richtung NY von PANYNJ betrieben	x		x			x				x	x				x	x	x
Delaware River Joint Toll Bridge Commission	x					x				x	x			x			
Delaware River Port Authority of Pennsylvania	x									x						x	
Delaware River Port Authority of New Jersey																	
Brücken, Florida, USA	x				x			x		x				x		x	
Dartford River Crossing, Großbritannien	x		x							x						x	
Großer St. Bernhard-, Munt la Schera-Tunnel, Schweiz/Italien	x									x				x			
Herrentunnel, Lübeck, Warnowtunnel, Rostock, Deutschland	x									x						x	
Tauern Autobahn, Brenner Autobahn, Österreich	x									x				x			
Öresund-, Storebaeltbrücke, Dänemark/Schweden	x									x				x		x	
Karawanken-, Gleinalm- u. Bosrucktunnel, Österreich	x									x				x			
Stadttunnel „Prado-Carénage“, Marseille, Frankreich	x									x	x			x		x	
Mont Blanc Tunnel, Frankreich-Italien	x								x	x				x			x
Tunnel Učka, Kroatien	x									x						x	
M6 Motorway Toll Road, Großbritannien	x		x		x			x			x					x	
Osterøy Brücke, Bergen, Norwegen	x							x		x						x	
Stadtautobahn Citylink, Melbourne, Australien	x		x	x				x	x	x	x						
Zeitabhängige Vignettensysteme																	
Autobahnvignette, Schweiz	x									x				x			
Eurovignette (LKW), BeNeLux	x									x				x			x
Vignette, Österreich	x									x				x			
Vignette, Tschechien	x									x				x			
Vignette, Slowenien	x									x				x			
Vignette, Ungarn (E- Vignette)	x									x				x			
Vignette "Rovinieta", Rumänien (E- Vignette)	x									x				x			
Distanz- oder Streckenabhängig Maut																	
Autobahnenmaut "péage", Frankreich	x		x							x						x	x
Autobahnbetreiber "pedaggio", Italien	x									x							
LKW Maut "go-maut" , Österreich	x									x							x
LKW Maut "premid" , Tschechien	x									x							x
LKW Maut, Slowenien	x									x						x	x
Autobahnmaut "turnpike", Florida, USA	x									x						x	

	Hauptziele (und Nebeneffekte)								Bepreisungs- schema			Ermäßigungen					
	Finanzierung	Zufahrtsbeschränkung	Verkehrslenkung	ÖV -Förderung	Änderung Routenwahl	Änderung Abfahrzeitpunkt	Änderung Verkehrsmittelwahl	Abnahme Stauung, Verkehr	Umwelt	Garantierte Reisezeit	statisch	Variabel	dynamisch	Viefahrer	Fahrgemeinschaften etc.	bei elektronischer Zahlung	Low Emission Fahrzeuge
Kordon-System (Cordon Pricing)																	
City Toll Ring, Oslo /Bærum , Norwegen	x		x					(x)		x			x		x		
Trängselskatt, Stockholm, Schweden			x	x	(x)	(x)	x	x	x	(x)		x	x				x
Trängselskatt, Göteborg, Schweden (Beginn 01.01.2013)	x		x				x	x			x		x				
Bompenger, Trondheim, Norwegen (Ende: Dez 2005)	x		x			x	x	x			x						
Miljøpakken, Trondheim, Norwegen (März 2010 bis 2025)	x		x		(x)	x	x	x			x		x		x		
Bomring, Bergen , Norwegen	x		x					(x)		x			x		x		
Electronic Road Pricing (ERP), Singapur (Beginn 09.1998)		x	x	x	(x)	(x)	(x)	x	x			x					x
Area Licensing																	
Area Licensing Scheme (ALS), Singapur (Einführung 1975 - Ende 1998)		x		x	(x)	(x)	x	x	x	x			x				
Durham City road User Charge, Durham, Großbritannien		x					x	x		x							
Congestion Charging Scheme, London, Großbritannien	x		(x)	x			x	x	(x)	x			x	x	x	x	x
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Rom , Italien		x					x	x	x	x			x				x
City-Maut, Seattle, USA (in Planung)				x			x		x			x					
Innenstadtmaut, Mailand, Italien				x			x	x	x	x			x				x
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Venedig , Italien		x					x	x		x	x						x
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Florenz, Italien		x					x	x		x							x
Pauschale Schwerverkehrsabgabe (PSVA), Schweiz	x						x			x							
Umweltzone, 56 Städte, Deutschland								x		x							
Distanzabhängige Gebietsgebühr (Area Charging)																	
Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe, Schweiz	x						x	(x)		x							x
Lorry Road User Charging, Pilotprojekt, Großbritannien	x							x	(x)	x							x
viaToll, Polen	x									x							x
Toll collect (LKW Maut), Deutschland	x								x	x							x
Abgestufte Gebietsgebühr																	
Interstate 15. San Diego County, USA	x		x		(x)		x	(x)	x			x		x			x
Interstate 91 Express Lanes, Orange County, USA	x				(x)		x	(x)	x			x		x			x
Interstate 680 Lanes (southbound), Alameda County, USA	x				(x)		x	(x)	x			x		x			
Interstate 580 Lanes (eastbound), Pleasanton, USA	x				(x)		x	(x)	x			x		x			
Interstate 680 Lanes (southbound), Santa Clara County, USA	x				(x)		x	(x)	x			x		x			
Interstate 495 Express Lanes, Capital Beltway Virginia, USA	x		x		(x)		x	(x)	x			x		x			

***Anmerkung: Das Quellenverzeichnis für die einzelnen Informationen der Road Pricing Maßnahmen ist dem Anhang A zu entnehmen.**

Ausgehend von den Zielsetzungen sollen die Maßnahmen zu entsprechenden Effekten führen. Im folgenden Abschnitt wird beschrieben, wie die einzelnen Maßnahmen auf ihre Wirkung hin überprüft werden können.

2.3 Effekte von Road Pricing Maßnahmen

Die Auswirkungen von Road Pricing Strategien hängen einerseits vom jeweiligen System, andererseits von den alternativen Nutzungsmöglichkeiten des Verkehrsnetzes ab. Je höher sich die Abgaben gestalten, umso besser lässt sich das Verkehrsaufkommen in Gebieten verlagern bzw. reduzieren. Hinsichtlich niedriger Gebühren kann vor allem von einer zeitlichen und räumlichen Verkehrslenkung ausgegangen werden. Der Einsatz des Systems ist dabei immer vom Angebot des öffentlichen Verkehrs und vom Stauaufkommen innerhalb bestimmter Zeiträume abhängig. Allgemein kann festgehalten werden: Je besser sich die verkehrstechnischen Alternativen gestalten, umso besser zeigen sich die Auswirkungen des Road Pricing Systems. Ein Bericht der europäischen Kommission [Kommission der europäischen Gemeinschaften, 2008] geht dabei auf die Missstände in der Systemimplementierung ein:

„Damit die vom Preis ausgehenden Signale auch richtig ankommen, müssen die Verkehrsteilnehmer dafür empfänglich sein. Aus unterschiedlichen Gründen ist dies mitunter nicht möglich - z.B. wenn echte Alternativen fehlen, bei einem Verkehrsträger nur unzureichender Wettbewerb herrscht, geringe Anreize zur Innovation und für die Hinwendung zu umweltfreundlicheren Fahrzeugen bestehen.“

Im Fall der Einhebung von Straßenbenutzungsgebühren kann von unterschiedlichen Reaktionen der Verkehrsteilnehmer ausgegangen werden. Diese erstrecken sich über Verhaltensweisen wie Fahrverzicht, Bildung von Fahrgemeinschaften, die Wahl anderer Routen, die Änderung des gewählten Ziels, den Umstieg auf öffentlichen Verkehr oder den Langsamverkehr bis hin zur zeitlichen Verlagerung der Fahrt [Purtschert, 2008].

Im Hinblick auf die lokale Lenkung des Verkehrsaufkommens kann Road Pricing kurzfristige oder auch langfristige Verhaltensänderungen der Verkehrsteilnehmer bewirken. Erstere beziehen sich meist auf das Mobilitätsverhalten durch Veränderungen in der Routen- oder Verkehrsmittelwahl. Langfristige Verhaltensänderungen bestehen etwa in einer Verlagerung des Wohnorts oder in der vom Anfahrtsweg abhängigen Wahl des Arbeitsplatzes.

Weiters kann zwischen monetären und nicht-monetären Wirkungen von Straßenbenutzungsabgaben unterschieden werden. Zu jenen Wirkungen, die sich monetär beziffern lassen, zählen Abgabenbelastungen, Änderungen der Betriebskosten des Autos durch weniger Stau oder die Veränderung der Bodenpreise. Die Änderung der Fahrzeit durch Staureduktion wird dabei in Zeiteinheiten, die Veränderungen der Luftqualität werden durch physikalische Einrichtungen gemessen. Im Hinblick auf die direkten und indirekten Auswirkungen kann in weiterer Folge die Verteilung auf unterschiedliche Bevölkerungsgruppen (Einkommen, Wohnort etc.) geschätzt werden [Teubel, 2001]. Um die Effizienz der einzelnen Systeme messen zu können, kann bisher nur auf Erfahrungen mit tatsächlich implementierten Systemen zurückgegriffen werden.

Versteht man das Verkehrsaufkommen bzw. Verkehrsströme im Luhmann'schen Sinne als autonomes, selbstorganisiertes, kontingentes und lernendes System, so können zwar mögliche

relevante Umweltbedingungen als wahrscheinliche Einflussfaktoren ermittelt werden, jedoch deren langfristige Auswirkungen nie vollständig abgeschätzt werden. Vielmehr stehen Verkehrslenkungsmaßnahmen in ständiger Wechselwirkung mit dem Verkehrsaufkommen, wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen und infrastrukturellen Möglichkeiten. Dabei könnte sich Mobility Pricing auf die Entwicklung des PKW-Marktes, der Treibstoffpreise, der Bevölkerungsverteilung, die Wahl des Arbeitsorts, Freizeitverhalten, Touristenströme und Ähnliches und damit auf lange Sicht auf die wirtschaftliche und gesellschaftliche Großwetterlage auswirken. Das Verkehrsverhalten sollte damit als in ein komplexes, multifaktorielles Geschehen eingebettetes Phänomen betrachtet werden. Entsprechend lässt sich eine hohe Effizienz von Mobility Pricing Maßnahmen nur erreichen, wenn diese auf Basis empirischer Erkenntnisse implementiert sowie in ihrer Wirkung fortlaufend evaluiert werden.

2.4 Erfahrungen aus einzelnen Projekten

Obwohl der theoretische Ansatz des Road Pricings schon seit Jahrzehnten bekannt ist, und der Smeed-Report in den 60er-Jahren des 20. Jahrhunderts konkrete Details zur Umsetzung dargelegt hat, wurden bisher auf internationaler Ebene verhältnismäßig nur wenige großräumige Projekte umgesetzt. Dabei wurden nur jene staatlichen Systeme eingeführt, die sich auf Autobahngebühren oder Abgaben für die Benutzung von Tunnel, Brücken oder einzelnen Straßen beziehen.

Die folgenden Beispiele stellen Road Pricing Systeme dar, die bereits implementiert wurden. Die Ausnahme bildet die niederländische Konzeption, da es sich um ein Projekt handelt, das von der Regierung vorerst stillgelegt wurde.

2.4.1 Singapur

Singapur ist der weltweite Vorreiter der städtischen Road Pricing Systeme. Bereits 1975 wurden erstmals Straßenbenutzungsgebühren mit dem Ziel der Verkehrsentslastung der Innenstadt eingeführt.

Beim Area Licensing Scheme handelt es sich um ein Verfahren zur indirekten Erhebung von Abgaben in Form eines Vignettensystems. Dabei ist das Befahren der Innenstadt Singapurs nur zu bestimmten Zeiten und mit einer gültigen Vignette erlaubt. Während die Kontrollen ursprünglich mittels Inspektoren an den Zufahrtsstraßen durchgeführt wurden, wurde das System Ende der 90er-Jahre automatisiert.

Das vollelektrische System in Singapur ERP (Electronic Road Pricing) wurde im Jahr 1998 vollständig implementiert. Dabei werden alle Fahrzeuge, welche die entsprechenden Routen benutzen, im System registriert und je nach Tageszeit und Fahrzeugtyp müssen variable Tarife von Seiten der Verkehrsteilnehmer entrichtet werden.

Im Zuge der fortlaufenden Innovationen wurde das Gebührensystem immer wieder überholt und mit weiteren Maßnahmen ergänzt. So wurde beispielsweise am Beginn eine Durchschnittsgeschwindigkeit für PKWs im inneren Straßennetz mit 19 km/h festgelegt, später jedoch auf 36 km/h erhöht.

Im Hinblick auf die Auswirkungen im Verkehr kann festgehalten werden, dass die Verkehrsteilnehmer auf die Gebühren reagierten. Am Beginn der Systemimplementierung wurden die Abgaben nur für den Morgenverkehr eingehoben. Hier konnte ein Rückgang des PKW-Verkehrs (75%) verzeichnet

werden. Ein kleiner Teil des Verkehrsaufkommens verlagerte sich auf den Zeitraum vor oder nach der Gebührenpflicht. Im Gegenzug dazu stieg die Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel an, eine Auswirkung, die sich auf das gesamte Maßnahmenpaket der Regierung bezog [Teubel, 2001].

2.4.2 London

Im Jahr 2003 führte London als erste europäische Metropole städtische Straßenbenutzungsgebühren ein. Dabei handelt es sich um ein Area Licensing System, bei dem im Zentrum der Stadt die so genannte Congestion Charge eingehoben wird. Die Maßnahme hat das Ziel, den Verkehr zu lenken und Staus zu reduzieren. Dabei muss für jedes zweispurige Fahrzeug, mit dem die „charging zone“ befahren wird, Maut bezahlt werden. Grundsätzlich umfasste das Mautgebiet 22 km², hier wurden vor der Einführung des Systems die stärksten Verkehrsbelastungen verzeichnet [Beevers & Carslaw, 2005; Gehlert, 2009]. Die „charging zone“ wurde 2007 auf den westlichen Bereich Londons erweitert, dabei wurden zusätzlich Buslinien implementiert, um Alternativen zu dem gebührenpflichtigen PKW-Einsatz zu bieten [Transport for London, 2008a].

Für die technische Umsetzung gilt, dass sich jeder Nutzer vor oder kurz nach dem Befahren der Zone im Internet, mittels Telefon (SMS), an Automaten auf Parkplätzen, an Tankstellen oder Kiosken für die Zone registrieren und anschließend die Gebühr entrichten muss. Die Registrierungen werden mittels eines Nummernschilderkennungssystems verfolgt [Eichinger & Knorr, 2004; Purtschert, 2008].

Im Jahr 2011 wurde die tägliche Gebühr für das Befahren der Zone auf £ 10 erhöht, wobei eine Reduzierung der Gebühr auf £ 9 für Kunden möglich ist. Im Hinblick auf den Einsatz von umweltfreundlichen Fahrzeugen gibt es Vorzugsstrategien wie den „Greener Vehicle Rabatt“ für sauberere und CO₂-effizientere Autos oder den „Electric Vehicle Rabatt“ für Plug-in-Hybride und Elektrofahrzeuge [Transport for London, 2010].

Ein Vergleich aus der aktuellsten Studie des Unternehmens Transport of London zeigt, dass ein Jahr nach Einführung der Gebührenpflicht 14% weniger Fahrzeuge die Zone genutzt haben. In den fortlaufenden Jahren blieb die Zahl konstant. Die Ausnahme bildet der Vergleich zwischen den Jahren 2004 und 2005, hier gab es eine weitere Senkung von 2%. Zusammengefasst bedeutet dies, dass im Zeitraum von fünf Jahren eine Fahrzeugreduktion von 16% zu verzeichnen war. Im Gegenzug stieg die Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel, insbesondere von (Reise-)Bussen, zu Beginn um 23%. Der Vergleich zwischen dem Jahr 2002, also vor der Einführung der Congestion Charge, und dem Jahr 2007 zeigt einen Anstieg von 31% [Transport of London, 2008b].

2.4.3 Oslo, Bergen und Trondheim

Ein weiteres Beispiel für die großflächige Implementierung eines Gebührensystems stellen die norwegischen Städte Oslo, Bergen und Trondheim dar. Die Grundlage bildet ein Mautringsystem, welches eine einfache Umsetzung des Cordon Pricings darstellt. Die Abgaben werden bei der Einfahrt in die Innenstadt eingehoben. Die Standorte der Zahlstellen (Mautstationen) sind der ringförmigen Grenze angepasst [visitOslo, 2011].

Da die Systeme der Städte ähnlich aufgebaut sind, wird zur näheren Erläuterung Oslo herangezogen. Mit den Gebühren wurde vorerst eine finanzielle Grundlage für die Untertunnelung des Stadtzentrums geschaffen. Heute kommt ein erheblicher Teil der Einnahmen aus den

Straßenbenutzungsgebühren dem öffentlichen Verkehr zugute [Güller, 2002]. Da die Maßnahmen keineswegs auf Verkehrslenkung oder Verkehrsreduktion abzielen, wurde das Konzept des Systems so umgesetzt, dass das Verkehrsgeschehen nur gering beeinflusst wird und möglichst hohe Einnahmen geschaffen werden. So gelten für die gesamte Woche und jede Tageszeit dieselben Gebühren [Gomez-Ibanez et al. 1994, S.30].

Momentan werden für die Stadteinfahrt 26 Kronen (entspricht 3,53 € - Stand Juni 2012) für einen normalen PKW entrichtet, Motorräder und Mopeds fahren kostenlos. Die Gebühr wird mittels eines elektronischen Systems oder eines Münz- und Kartenautomaten abgebucht, die Mautstationen sind dabei voll automatisch. Fahrzeugeigentümer ohne AutoPASS-Plakette bezahlen nachdem die Mautstation passiert wurde. Das Nummernschild wird fotografiert während man die Mautstation passiert und der Fahrzeugbesitzer erhält eine Rechnung per Post.

Im Hinblick auf das Einnahmen-Kosten-Verhältnis betragen die Erhebungskosten am Beginn (1991) 16% der Einnahmen [Teubel 2001, S. 129; Ramjerdi 1995, S.112]. Auf diesem Weg konnte das Finanzierungskonzept ohne große Abschlüsse umgesetzt werden.

2.4.4 Niederlande

Die Regierung der Niederlande plant die Einführung einer nationalen, verursacherabhängigen Road Pricing Maßnahme. Ziel ist es, die Straßenfinanzierung zu einem verursachergerechten Finanzierungssystem umzubauen. Aus dem Bericht der niederländischen Regierung [Government of the Netherlands, 2009] geht hervor, dass landesweit eine distanzabhängige Verkehrsgebühr eingeführt werden soll. Die Gebühr soll die Motorfahrzeugsteuer sowie die Fahrzeugkaufsteuer vollständig kompensieren. Die niederländische Regierung sieht vor, dass alle inländischen Fahrzeuge mit einer so genannten On-Board-Unit – basierend auf einer GPS-Lösung – ausgerüstet werden. Anhand dieses Instruments werden die gefahrene Distanz, die Zeit und die Position des Fahrzeuges gemessen. Die geplante Einführung der Kilometerabgabe stellt die erste flächendeckende, nach Ort und Zeit differenzierte Road Pricing Maßnahme für Personenkraftwagen dar [Purtschert, 2008].

Die Verkehrsteilnehmer müssten für jeden gefahrenen Kilometer eine Gebühr entrichten. Der Plan sieht eine durchschnittliche Abgabe von 3 Cent pro gefahrenen Kilometer im Jahr 2012 vor. Weiters ist eine Steigerung auf bis zu 6,7 Cent im Jahr 2018 geplant. Durch die Umsetzung wird erwartet, dass nach dem neuen System 59% der Autofahrer weniger bezahlen. Der Erlös aus der Kilometerpauschale geht direkt in die Finanzierung der Infrastruktur [Government of the Netherlands, 2009].

Die Argumentation für die Einführung basiert auf Forschungsergebnissen. Dabei bezieht sich die Regierung auf jene Ergebnisse, die angeben, dass Road Pricing Maßnahmen Staus halbieren, die Anzahl der gefahrenen Kilometer um rund 15% senken und die CO₂- und Feinstaub-Emissionen über 10% reduziert werden. Daher gilt: Je weniger Emissionen Autofahrer schaffen und je bewusster sie fahren, desto weniger müssen sie bezahlen.

Die Entscheidung über die Umsetzung dieses Systems war für 2012 geplant. Aus dem aktuellen Stabilitätsprogramm der Regierung gehen jedoch nur mehr die Besteuerung von Fahrzeugen sowie die Straßenbenutzungsgebühren für schwere Nutzfahrzeuge ("Eurovignette") hervor [Government of the Netherlands, 2009; 2012].

2.4.5 Stockholm

Nach einer Versuchsphase im Jahr 2006 wurde in Stockholm die Citymaut eingeführt. Es handelt sich dabei um ein Kordonsystem, bei dem die Gebührenzonen ringförmig vom Stadtzentrum aus verlaufen. Die Gebühren sind zeitlich gestaffelt, um die Auslastung zu den Spitzenstunden zu reduzieren und eine gleichmäßige Verteilung des Verkehrs anzustreben. In der gesamten Stadt wurden 18 Kontrollpunkte errichtet, die über Kameras, Laserdetektoren und Transceiver das Verkehrsaufkommen überprüfen und die Daten der einzelnen Fahrzeuge computergesteuert aufnehmen. Die Gebühren sind zeitlich so differenziert, dass zu Hauptverkehrszeiten höhere Gebühren eingehoben werden als zu verkehrsarmen Zeiten. Der Zeitraum erstreckt sich werktags von 6:30 Uhr bis 18:29 Uhr, an Wochenenden werden keine Gebühren berechnet. Zur Kasse gebeten werden nur jene Verkehrsteilnehmer, die ihr Fahrzeug in Schweden gemeldet haben, wobei Rettungswagen, Busse, Motorräder oder Reiseunternehmen gebührenbefreit sind [Märner, 2007; Roth, 2009].

Untersuchungen der Testphase zeigen, dass während der gebührenpflichtigen Zeit eine Verkehrsreduzierung von 22% und pro Tag (24 h-Zeitraum) eine Senkung von 19% im Vergleich zum Vorjahr nachgewiesen werden konnte [Stockholm Stadt, 2006].

2.4.6 Resümée zu den exemplarisch beschriebenen Road-Pricing-Systeme

Trotz früher theoretischer Arbeiten zur Wirkung und Implementierung des Road Pricing in den 60er-Jahren des vorigen Jahrhunderts, wurden bisher auf internationaler Ebene verhältnismäßig nur wenige großräumige Projekte umgesetzt.

Singapur ist der weltweite Vorreiter der städtischen Road Pricing Systeme. Bereits 1975 wurden erstmals Straßenbenutzungsgebühren mit dem Ziel der Verkehrsentslastung der Innenstadt eingeführt. Seit Ende des letzten Jahrtausends weist Singapur ein differenziertes vollektrisches Gebührensystem, mit im Hinblick auf die Verkehrslenkung beeindruckender Wirksamkeit, auf. Als erste europäische Metropole führte London 2003 städtische Straßenbenutzungsgebühren zur Verkehrsentslastung ein. In den norwegischen Städten Oslo, Bergen und Trondheim hingegen hatte das urbane Road Pricing primär die Finanzierung infrastruktureller Maßnahmen und nicht die Beeinflussung der Verkehrsströme zum Ziel. In Norwegen wurde ein ringförmiges Mautsystem um das jeweilige Stadtzentrum gewählt. Ein strukturell ähnliches, ringförmiges System wurde vor fünf Jahren in Stockholm implementiert. Im Gegensatz zu Norwegen wurde das Gebührensystem in Stockholm jedoch zeitlich gestaffelt, da das Verkehrsaufkommen zu Stoßzeiten gedrosselt werden sollte. Auch sind hier bestimmte Verkehrsteilnehmergruppen gebührenbefreit.

Die Niederlande planen die Einführung eines flächendeckenden, verursachergerechten Road Pricing Systems, welches die Motorfahrzeug- und die Fahrzeugkaufsteuer vollständig kompensieren soll. Eine GPS-gesteuerte On-Board-Unit in jedem PKW soll es erstmals ermöglichen, individuelle, distanz- und zeitabhängige Kilometerabgaben zu berechnen. Dieses Straßennutzungsgebührensystem dient in erster Linie der Infrastrukturfinanzierung und allgemeinen Verkehrsentslastung.

Wie die Beschreibung exemplarischer Road-Pricing-Projekte verdeutlicht, haben diese häufig nicht nur die Finanzierungen von Infrastrukturmaßnahmen zum Ziel sondern auch der Verkehrslenkung und die Umweltentlastung.

Zunehmend werden Mobility Pricing Maßnahmen auch herangezogen, um die durch den motorisierten Individualverkehr entstandenen negativen externen Effekte (auf die Bevölkerung, die Umwelt etc.) zu internalisieren, indem dem kostenverursachenden Verkehrsteilnehmer entsprechende Gebühren auferlegt werden.

2.5 Externe Kosten im motorisierten Verkehr

„Den Verkehrsteilnehmern entstehen Kosten, die in direktem Zusammenhang mit der Art ihres Verkehrsmittels stehen (Kraftstoffverbrauch, Versicherung, usw.). Diese Kosten gelten als private Kosten, da sie direkt vom Verkehrsteilnehmer getragen werden. Verkehrsteilnehmer verursachen aber auch Belastungen, deren Kosten die Gesellschaft tragen muss und die von ihnen nicht direkt übernommen werden (externe Kosten), wie etwa der Zeitverlust anderer Verkehrsteilnehmer durch Staus, Gesundheitsprobleme durch Lärm und Luftverschmutzung, und, langfristig gesehen, die Auswirkungen der Treibhausgasemissionen auf das Klima. Diese Kosten sind eine Realität, auch wenn sie nicht immer einen Marktpreis haben: Ausgaben für Polizei und die Verwaltung von Infrastrukturen, Krankenhauskosten und Kosten des öffentlichen Gesundheitswesens, Rückgang der Lebensqualität. Diese Kosten werden im Allgemeinen vom Staat und von den Bürgern getragen.“ [Kommission der europäischen Gemeinschaften, 2008, S.4]

Externe Kosten sind demnach jene finanziellen Belastungen des motorisierten Verkehrs, die nicht alleine von den Verkehrsbenutzern, sondern von der Gesamtheit der Bevölkerung getragen werden. Dies gilt sowohl für einen großen Teil der Umweltkosten als auch für ungedeckte Infrastrukturkosten. Zu den Ersteren zählen Unfallkosten (soweit nicht durch Versicherungsleistungen abgedeckt), Umweltbeeinträchtigungen (erhöhtes Lärmaufkommen, Schadstoffe in der Luft) und Staukosten, die Letzteren beziehen sich auf den Bau, Unterhalt und Betrieb einschließlich der Verwaltung der Straßen [Herry et al., 2007; Eckey et al., 2000].

Aus wirtschaftlicher Sicht spricht man von externen Kosten, wenn ein Wirtschaftssubjekt einen Teil der von ihm verursachten Kosten nicht selbst trägt, sondern auf Dritte überträgt. Der Nutzen daraus ist dadurch charakterisiert, dass ein Teil des Nutzens, den eine Aktivität generiert, unentgeltlich in Anspruch genommen wird [Link, 2011, S. 109 f.]. Die Kosten, die von der Allgemeinheit getragen werden, sind demnach nicht im Preis für Mobilitätsleistungen inbegriffen. Werden die gesamten finanziellen Belastungen hinsichtlich des Kosten-Nutzen-Prinzips analysiert, so wird sichtbar, dass die Marktwirtschaft nicht optimal funktioniert. Der Engländer Pigou verwies auf diese Tatsache bereits am Beginn des 20. Jahrhunderts. Er hielt schon damals fest, dass die Marktpreise der Verkehrsdienstleistungen im Vergleich zu ihrem gesellschaftlich optimalen Niveau zu niedrig sind. Sein Fazit: Es herrscht keine Kostenwahrheit im Verkehr [Farmer, 2005, S. 108]. Diesem Missstand kann demnach nur das Verursacherprinzip entgegenwirken. Das bedeutet, dass jene Verkehrsteilnehmer zur Kasse gebeten werden, die für die Kosten verantwortlich sind. Die ersten Überlegungen zu verursachergerechten Abgaben wurden geboren. Dabei soll die so genannte Pigou-Steuer eine Lenkung des Verkehrsverhaltens bezwecken. Weiters geht es darum, bestehende Umweltbelastungen durch Steuern zu verringern [Lueg, 2009, S. 122].

Da die einzelnen externen Kosten sehr unterschiedliche Merkmale haben, gilt es, die volkswirtschaftlichen Instrumente anzupassen [Kommission der europäischen Gemeinschaften, 2008, S. 5]. Grundsätzlich kann zwischen externen Unfallkosten, externen Kosten durch Luftverschmutzung

oder Lärm sowie den Kosten einer Klimaveränderung unterschieden werden. Dabei ist die eindeutige Zuordnung der Kosten von Bedeutung.

2.5.1 Relevante Kosten

Relevante Kosten liegen vor, wenn sich die externen Effekte der Verkehrsinfrastruktur sowie jene des Verkehrsmittelbetriebs eindeutig ihren Kosten zuordnen lassen [Eisenkopf, 2002, S. 143].

Hinsichtlich der Opportunitätskosten (Alternativkosten) der Verkehrsinfrastruktur wirken sich Bodenversiegelungseffekte auf das Grundwasser sowie Flora und Fauna aus. Als Opportunitätskosten bezeichnet man die Kosten der alternativen Verwendung eines knappen Faktors [Aberle, 2003]. Die Opportunitätskosten sind der entgangene Grenznutzen, auf den zugunsten der durchgeführten Alternative verzichtet wird. Trenneffekte beziehen sich auf die Zerschneidung von Kulturlächen und Siedlungen. Daraus lassen sich Ressourcenentwertungen und Zusatzaufwendungen ableiten. Die Landverbrauchseffekte spielen dann eine Rolle, wenn die Preise für den Grunderwerb unter den Opportunitätskosten der Flächen liegen.

Die externen Kosten des Verkehrsmittelbetriebs lassen sich in Verkehrsunfallkosten und Unfallfolgekosten, Luftverschmutzung durch Schadstoffemissionen, CO₂-Ausstöße, Lärmemissionen und Schäden durch Erschütterungen sowie Kosten erhöhter Ozonkonzentration und Stauungskosten einteilen.

Im Fall von Verkehrsunfällen und deren Folgekosten muss mit Ressourcenausfallkosten (temporärer Verzicht auf Mensch und Objekt), Produktionskosten (medizinische Behandlungen, Wiederherstellung der Ausgangslage), Unfallvermeidungskosten (angemessene Infrastruktur) und humanitären Kosten (Personenschäden) gerechnet werden [Eisenkopf, 2002, S. 145].

Die externen Kosten des Straßenverkehrs beliefen sich im Jahr 2000 auf € 9,2 Mrd. Der Anteil der externen Unfallkosten hat 53% betragen und der Anteil der externen Umweltkosten (Lärm, Gesundheit, Schadstoffe) belief sich auf 47% [Herry et al., 2007, S. 217]. Für die Erhebung dieser Daten werden entsprechende Bewertungsverfahren herangezogen, die für die Überprüfung der Effekte von Bedeutung sind.

2.5.2 Bewertungsverfahren

Im Hinblick auf die Bewertungsverfahren von externen Kosten des motorisierten Verkehrs gibt es unterschiedliche Zugänge. Da in diesem Bereich keine Marktpreise existieren, können die verursachten Schäden mit dem Hicks Konzept der kompensierenden oder äquivalenten Variation gemessen werden [Bühler, 2006, S. 13]. Hier geht es darum, den Nutzen in monetären Einheiten zu messen [Varian, 1994]. Im Hinblick auf die Kompensation geht Hicks von einer Gestaltung des Ausgleichs aus, bei dem der Konsument nicht günstiger gestellt ist als vorher [Ahlheim et al. 1992, S. 67]. Auf diesem Weg erfolgt die ökonomische Bewertung der Ressourcen (Konzept der Unterlassungskosten, Hedonistisches Preiskonzept, Konzept der geäußerten Präferenzen – Stated Preference, etc.), die im Zuge des Güter- und Personenverkehrs beansprucht werden. Die Ergebnisse werden in Geldeinheiten dargestellt. Für den Fall, dass die Effekte monetär ausgedrückt werden, erfolgt eine Zuordnung des Wertes zur beobachteten Markttransaktion (z.B. Ausgaben zur Vermeidung von Schäden, Gesundheitsausgaben, Wertverlust des Eigentums).

Auf staatlicher Ebene werden Schätzungen meist über den Gesamtwert der externen Kosten des Verkehrs ausgedrückt. Die Darstellung erfolgt über den Prozentsatz des Bruttoinlandsprodukts (BIP).

Trotz der quantitativen Auffassung gibt es externe Umwelteffekte, die nicht in Mengen erfasst werden können. Als Beispiel kann hier der Einfluss von Verkehrsbauwerken auf die ästhetische Wirkung von Landschaften angeführt werden.

Im Hinblick auf die Ermittlung der Wertschätzung von Umweltqualität können Schadenskosten oder Vermeidungskosten beurteilt oder die Zahlungsbereitschaft herangezogen werden.

Ziel des so genannten Schadenskostenansatzes ist es, mittels direkter Erfassung der Schadensmengen und deren Bewertung die Schadenskosten zu bestimmen [Cantner, 1997, S.193]. Im Hinblick auf die Vermeidungskosten und die Zahlungsbereitschaft können Personen befragt werden, welchen Betrag sie für die Verringerung eines bestimmten negativen externen Effekts des Verkehrs um einen bestimmten Wert zu zahlen bereit wären [Kinnock 1995, S. 7]. Die Erhebung stützt sich dabei entweder auf die direkten Befragungen der Betroffenen (Stated Preferences) oder auf indirekte Methoden wie beispielsweise die Analyse von bestehenden Marktdaten (Revealed Preferences). Die unterschiedlichen Ansätze variieren meist in ihren Ermessensspielräumen. Dies führt dazu, dass die Identifizierung, Quantifizierung und Monetarisierung unterschiedliche Ergebnisse liefern, die meist voneinander abweichen [vgl. Eisenkopf, 2002].

Die Ergebnisse der Bewertung bilden die Grundlage für Konzepte zur Internalisierung der externen Kosten.

2.5.3 Strategie zur Internalisierung der externen Kosten

Im Hinblick auf die Internalisierung der externen Kosten stellt das Einheben von Straßenbenutzungsgebühren die einfachste Form dar. Unter Internalisierung versteht man die Einbeziehung sozialer Zusatzkosten und Nutzen, welche durch externe Effekte verursacht werden. Dem Handlungsansatz des Verursacherprinzips wirkte jedoch eine Richtlinie der Europäischen Kommission aus dem Jahr 1999 entgegen. Sie besagt, dass der Einbezug von externen Kosten in die Berechnung der Straßenbenutzungsgebühren untersagt wird. 2006 wurde die Richtlinie geändert, damit die Gebühren den Umweltmerkmalen der Fahrzeuge angepasst werden können [Kommission der europäischen Gemeinschaften, 2008, S. 7]. Aufgrund der Richtlinienvorgabe müssen neue Ansätze gefunden werden, um der Kostenwahrheit im Verkehr gerecht zu werden. In erster Linie geht es darum, Fortschritte zu erzielen und eine moderne Verkehrsinfrastruktur zu schaffen, welche die zukünftigen Mobilitätsbedürfnisse möglichst effizient abdeckt. Weiters sind die Staaten dazu aufgefordert die Infrastruktur zu erweitern, die Kapazitätsauslastung des Straßennetzes zu optimieren und den Anteil öffentlichen Verkehrs am Gesamtverkehr zu erhöhen [Schibli, 2005, S. 21]. Etwa können mit diesem Ansatz Trassenpreissysteme für den Schienenverkehr unter Berücksichtigung der externen Kosten eingeführt werden. Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz sind vor allem auf der Ebene des High-tech-Straßenmanagements und des intermodalen Informationssystems zu erwarten. Als Antwort auf Kapazitätsprobleme werden Road Pricing Systeme für PKWs vorwiegend in städtischen Gebieten eingeführt. Dabei soll es sich vielmehr um eine Lenkungsmaßnahme als um die Aufbereitung finanzieller Mittel handeln [Infras, 2004, S. 16].

Um die externen Kosten richtig zu internalisieren und in ein breiteres Konzept des nachhaltigen Verkehrs einzubetten, gilt es unabhängig von der europäischen Richtlinie beim Verursacherprinzip

anzusetzen [Europäisches Parlament, 1999]. Aus der Studie „Externe Kosten des Verkehrs“ der Forschungsgesellschaft Infrac aus dem Jahr 2004 gehen dazu relevante Empfehlungen hervor.

Im Hinblick auf externe Unfallkosten eignet sich eine Internalisierung über die Kraftfahrzeugsteuer. Dabei können unterschiedliche Steuersätze für verschiedene Fahrzeugkategorien formuliert werden. Weiters bieten risikoabhängige Prämien der Kraftfahrzeug-Haftpflichtversicherung, wie ein Bonus-Malus-System abhängig vom Sicherheitsverhalten des Fahrzeuges und des vorangegangenen Fahrverhaltens des Besitzers, die Möglichkeit, einen Teil der Kosten einzuheben [Teubel 2001, S. 45; IWW/Infrac 1995, S. 258].

Die externen Kosten einer Klimaveränderung liegen jener Tatsache zugrunde, dass die Emission von Treibhausgasen, insbesondere Kohlendioxid (CO₂) zur Veränderung des Klimas und in weiterer Linie zu neuen Umweltverhältnissen führen. In Bezug auf die langfristige Erlangung der Klimaziele können einheitliche Treibstoffpreis-Szenarien für alle Verkehrsträger in Europa eingeführt werden. Als Beispiel kann hier die CO₂-Steuer (mindestens 20 € pro Tonne CO₂ entsprechend den Zielsetzungen von Kyoto) herangezogen werden. Dabei kann festgehalten werden, dass der CO₂-Ausstoß der Kraftfahrzeuge im direkten Zusammenhang mit dem Kraftstoffverbrauch steht und eine Erhöhung der Mineralölsteuer immer zur Schaffung finanzieller Mittel nach dem Verursacherprinzip eingesetzt werden kann [Teubel, 2011, S. 45; Bickel & Friedrich, 1995].

Im Hinblick auf die Produktion von Treibhausgasen leisten Lastkraftwägen einen wesentlichen Beitrag zur Umweltbelastung. Dabei könnte die Einführung einer km-abhängigen Steuer für LKW in ganz Europa nicht nur Unfallkosten sondern auch Umweltkosten decken.

Externe Kosten, die durch Luftverschmutzung erzeugt werden, beruhen vorwiegend auf Schadstoffemissionen, die sowohl von den Fahrzeugeigenschaften (verwendeter Treibstoff, Abgasreinigungstechnik) als auch vom Fahrverhalten (Geschwindigkeit, Beschleunigung) abhängig sind. Würden Straßenbenutzungsgebühren im Sinne von Emissionsabgaben eingehoben werden, so erfordert dies Erhebungsmethoden auf elektronischer Basis. Auf diesem Weg können emittierte Schadstoffmengen als Funktion der zurückgelegten Strecke dargestellt und berechnet werden. Distanzabhängige Emissionsabgaben auf Basis festgelegter Faktoren können durch die Einstufung nach Fahrzeugkategorien umgesetzt werden.

Externe Kosten durch Lärmbelastung betreffen das Verkehrsaufkommen, die Zahl der belasteten Personen, die Tageszeit sowie Fahrzeug- und Streckeneigenschaften. In erster Linie gilt es für die Internalisierung ordnungspolitische Maßnahmen (Vorschriften über Schallschutzmaßnahmen oder Vorschriften für Kraftfahrzeuge im Hinblick auf Lärmimmissionen) oder eine Lärmabgabe in Form einer Erhöhung der KFZ-Steuer nach Fahrzeugtyp umzusetzen.

Maßnahmen, die zur Internalisierung der externen Kosten getroffen werden können, wirken sich unter anderem auf das Mobilitätsverhalten der Verkehrsteilnehmer aus. Welche Einflussfaktoren dabei von zentraler Bedeutung sind, wird im folgenden Kapitel beschrieben.

2.6 Einflussfaktoren auf das Mobilitätsverhalten

Bei den Faktoren, die das Verkehrsverhalten beeinflussen wird zwischen objektiven und subjektiven Größen unterschieden [Wermuth et al., 2003; 2006].

Die soziodemografischen, sozioökonomischen und soziokulturellen Daten einer Person sind objektiven Faktoren zuzuordnen. Die Merkmale einer Person, ihres Haushalts und erweiterten

sozialen Umfelds werden durch das Alter, das Geschlecht, die Ausbildung, das Einkommen oder die Haushaltsgröße beschrieben. Diese Eigenschaften kennzeichnen den Status einer Person und sind geeignet, innere Ursachen der Verkehrsnachfrage zu charakterisieren.

Das Verkehrssystem sowie die Raumstruktur stellen weitere Einflussfaktoren dar. Hier handelt es sich um verkehrstechnische Gegebenheiten. Dazu zählen das Verkehrsnetz, die Fahrtdauer, die Verfügbarkeit von Verkehrsmitteln, die Fahrtkosten oder der Komfort. Sie sind festgelegt und grenzen den Aktionsraum der Verkehrsteilnehmer ein.

Subjektive Einflussfaktoren des Verkehrsverhaltens beziehen sich auf Gewohnheiten, Einschätzungen und Werthaltungen von Menschen. In Bezug auf die vorliegende Studie handelt es sich um die Wahrnehmung und Bewertung von Verkehrssituationen, Einstellungen zu Umweltmaßnahmen und die Einhebung von Straßenbenutzungsgebühren. Weitere subjektive Einflussfaktoren sind Einstellungen zur Mobilität, allgemeine Bedürfnisse und der Bedarf an Aktivität.

Die Auswirkungen der Faktoren auf das Mobilitätsverhalten zeigen sich in einzelnen Fahrten, den zurückgelegten Kilometern im Jahr oder der Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel.



Abbildung 4: Einflussfaktoren auf das Mobilitätsverhalten deren Auswirkungen

Die Einflussfaktoren auf das Mobilitätsverhalten sind für die Modellierungen im Verkehrswesen von zentraler Bedeutung. Zentrales Ziel der Modellierung des Mobilitätsverhaltens ist dessen

bestmögliche Vorhersage. Hierzu müssen alle relevanten Faktoren angemessen operationalisiert und umfangreich erfasst werden. Dies stellt die Grundvoraussetzung für die Ermittlung valider und im Hinblick auf den Fahrtzweck differenzierter Entscheidungsmodelle dar. Um möglichst realitätsgetreue Prognosen erstellen zu können, müssen spezifische Grundlagen berücksichtigt werden.

2.7 Grundlagen verkehrsspezifischer Modelle

Modelle sind schematisierte Abbilder der Wirklichkeit, die je nach geforderter Aussagekraft die realen Zustände mehr oder weniger präzise wiedergeben [Eckey & Stock, 2000, S. 176; Steierwald et al., 2005].

Vorrangig müssen jene Faktoren beschrieben werden, die auf das reale System Einfluss nehmen. Dabei gilt es folgende Bedingungen zu erfüllen [Wermuth, 1994, S. 245]:

- Ein Modell muss der Realität entsprechen und maßnahmenempfindlich sein. Das bedeutet, es muss die Wirkungen der zu untersuchenden Maßnahmen unter den gegebenen oder zu erwartenden unbeeinflussbaren Situationsbedingungen möglichst zuverlässig abbilden.
- Jedes Modell muss hinsichtlich seiner Struktur logisch konsistent sein, d.h. der Modellaufbau darf keine inneren Widersprüche aufweisen.
- Die Modellstruktur muss transparent und die Ergebnisse müssen jederzeit nachvollziehbar und kontrollierbar sein.

Durch die Erhebung von Verhaltensparametern und die Implementierung der Ergebnisse in ein Modell können Prognosen getroffen werden, die der Realität entsprechen. Dabei geht es darum, das Verkehrsverhalten unter heutigen Umständen zu verstehen und Vorhersagen von Verhaltensänderungen unter zukünftigen Bedingungen zu treffen. Die Grundlagen zu diesem Ansatz liefern Analysen von Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer. Die Vorgehensweise entspricht dabei dem Vier-Stufen-Verfahren [Axhausen & Vrtic, 2005].

Im Hinblick auf die Verwendung von Verkehrsmodellen kann zwischen qualitativen und quantitativen Vorhersagen (Prognosen) unterschieden werden. Das Erstere bezieht sich vor allem auf Prognosen des Verkehrsverhaltens beeinflusst durch verschiedene Maßnahmen, etwa verkehrspolitische Entscheidungen auf dem Tarifsektor. Hier werden relative Verhaltensänderungen in Reismustern durch Individualverhaltensmodelle (disaggregierte Modelle) beschrieben. Im Fall von qualitativen Ansätzen kann auf eine Hochrechnung auf die Gesamtheit der Bevölkerung verzichtet werden [vgl. Sammer, 1982, S. 18].

Anders ist es bei quantitativen Prognosen. Hier wird direkt auf verkehrsspezifische (Planungs-)Maßnahmen, wie die Dimensionierung von Verkehrswegen oder die Optimierung von Verkehrswegenetzen, Bezug genommen. Aufgrund der Hochrechnung auf die Bevölkerung müssen die Daten lokal bezogene Gesamtverkehrsmengen beinhalten [ebd. S. 19].

Im folgenden Kapitel wird die Umsetzung der Grundlagen anhand von Routenwahlmodellen beschrieben.

2.7.1 Routenwahlmodelle

Die Routenwahl ist die Modellierung der Wahl der Reisenden zwischen den möglichen Routen zwischen zwei Orten. Cascetta [2001a, S. 197] beschreibt die Modellierung der Routenwahl als

Wahrscheinlichkeit p einer Reise, die von einem Verkehrsteilnehmer der Kategorie i , auf der Route k mit dem Verkehrsmittel m von o nach d aus dem Grund s im Zeitraum unternommen wird. In der Praxis beziehen sich die Modelle meist auf das Verkehrsverhalten der Teilnehmer. Die zugehörigen Attribute [Ben-Akiva & Lerman, 1985] beschreiben die Eigenschaften, die einzelne Routen und Verkehrsmittel haben. Dabei gilt es auch jene Einflussgrößen und Zusammenhänge in das Modell einzubinden und formal zu beschreiben, die für den Untersuchungsgegenstand von Bedeutung sind. Das Verhalten ändert sich aufgrund der Informationsaufnahme und -wahrnehmung der Verkehrsteilnehmer sowie der Bewertung der Routen, auf die dann die Entscheidung folgt. Die Abbildung dieses Prozesses erfolgt über diskrete Entscheidungsmodelle (Kapitel 3) in drei Phasen: die Definition der Alternativen, deren Generierung (Choice Set) und die Definition des Wahlmodells.

Die Alternativen werden anhand der Eigenschaften der einzelnen Routen generiert. Cascetta [2001a, S. 199] und Cascetta & Papola [2001b] legen dazu folgende Auswahlkriterien vor:

- Topologisch Eine Route ist zulässig (effizient für die Wahl), wenn jedes Segment tendenziell in Richtung Quelle-Ziel durchlaufen wird (keine Umwege).
- Kostenvergleich Routen deren generalisierte Kosten nicht mehr als einen relativen Anteil α die minimalen Kosten überschreiten.
- Progressiv Das ersten n Routen mit minimalen generalisierten Kosten.
- Mehrere
 Eigenschaften Minimale Wege in Bezug auf unterschiedliche Attribute der Route (z.B. Reisezeit, monetäre Kosten oder Distanz)
- Verhalten Die Routen schließen verhaltenstechnisch unrealistische Verbindungen (z.B. wiederholtes Auf- und Abfahren von der gleichen Autobahn) aus.
- Markant Die Überschneidung verschiedener Routen ist nicht größer als ein gegebener Prozentsatz ihrer Längen.

Ergebnisse aus experimentellen Ansätzen weisen darauf hin, dass durch die Generierung der Routen im Sinne eines progressiven Ansatzes eine gute Abdeckung von jenen Wegen erfasst werden kann, die tatsächlich genutzt würden. Dies kann anhand von Kriterien wie minimale Reisezeit, minimale monetäre Kosten oder die maximale Nutzung von Autobahnen erfolgen.

Der selektive Ansatz garantiert eine bessere Kontrolle über die „Anwendbarkeit“ der erzeugten Routen. Dabei können Attribute verwendet werden, die keine zusätzlichen Verbindungen beanspruchen. Der Vorteil liegt in der erweiterten Komplexität der Berechnungen.

Für die Festlegung des Routenwahlmodells ist auch die Funktion der Wahlwahrscheinlichkeit von zentraler Bedeutung. Diese erfordert die Definition der Attribute in einer systematischen Nutzenfunktion U_k sowie Festlegung der multivariaten Verteilung der zufälligen Einflüsse.

Dabei wird angenommen, dass die Variablen, die die Routenwahl beeinflussen, Attribute (Reisezeit, monetäre Kosten, Entfernung, etc.) mit negativen Koeffizienten sind. Daraus folgt:

$$U_k = V_k + \varepsilon_k \quad \forall k \in K_{odm} \quad (1)$$

$$V_k = -g_k \quad (2)$$

mit g_k als durchschnittliche generelle Kosten der Route k ausgedrückt in Nutzeinheiten. K_{odm} stellt den Routensatz der Verbindung von o nach d mit dem Verkehrsmittel m dar. Systematischer Nutzen und durchschnittliche Kosten werden durch die Nutzenfunktionskomponenten V_k und g_k beschrieben.

Die durchschnittlichen Wegekosten sind allgemein betrachtet Linearkombinationen aus Attributen z_{nk} mit Koeffizienten β_n , geschätzt mit Hilfe eines Routenwahlmodells:

$$g_k = \sum_n \beta_n z_{nk} \quad (3)$$

Wenn jedes Attribut z_{nk} als Summe der entsprechenden Verbindungsvariablen r_{nl} dargestellt werden kann, ergeben sich die Wegekosten g_k einfach durch Addition der Durchschnittskosten der einzelnen Segmente

$$c_l = \sum_n \beta_n r_{nl} \quad g^{ADD} = \sum_n \beta_n z_n = \sum_n \beta_n \Delta^T r_n = \Delta^T c \quad (4)$$

Δ^T ist die transponierte Verbindungswege-Matrix mit (0|1) Einträgen (Adjazenzmatrix) und c_l stellt die durchschnittlichen Kosten der Verbindung l dar.

In einigen Fällen können die durchschnittlichen Kosten aufgrund bestimmter Variablen nicht aus der Summe der Verbindungen erzeugt werden (non-additive Kosten g_k^{NA}). Dies kommt zum Beispiel vor, wenn kein linearer Zusammenhang zwischen monetären Kosten und der Weglänge besteht, oder wenn eine Dummy-Variable für die minimale Reisezeit oder maximale Streckenlänge eingesetzt wird. Meist wird dafür folgender Ansatz herangezogen:

$$V_k = -g_k^{ADD} - g_k^{NA} \quad (5)$$

Allgemein betrachtet, ist die non-additive Wegekostenvariable eine explizite Auflistung der betreffenden Wege.

In der Realität wird die Verkehrsnachfrage zwischen Quelle und Ziel in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren auf mehrere Routen verteilt. Routenwahlmodelle haben dabei die Aufgabe, das Umlegungsverfahren zu beschreiben und Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer im Verkehrsmodell abzubilden. Dabei können im Hinblick auf die Umlegungsverfahren unterschiedliche Ansätze angewendet werden.

2.7.2 Verkehrsumlegungsverfahren

Bei der Verkehrsumlegung wird bestimmt, welche Route die Verkehrsteilnehmer wählen, um von der Quelle zum Ziel zu gelangen. Die Umlegung beschreibt die Verteilung der Nachfrage zwischen zwei Orten auf die möglichen Routen unter Einhaltung bestimmter Randbedingungen. Im Hinblick auf die Zeit gibt es statische Umlegungsverfahren ohne explizite Modellierung der Zeit als auch Verfahren, die ein zeitdynamisches Modell des Verkehrsflusses verwenden.

VISUM [2011, S. 219 f.] beschreibt die unterschiedlichen Zugänge der Umlegungsverfahren, auf die in den folgenden Kapiteln näher eingegangen wird.

2.7.2.1 Sukzessivumlegung

Bei der Sukzessivumlegung handelt es sich um die Nachbildung der Auslastung eines Straßennetzes. Zu Beginn finden die Verkehrsteilnehmer ein freies Straßennetz vor, bei dem für jede Quelle-Ziel-Beziehung eine kürzeste Route existiert. Das Straßennetz wird dann Schritt für Schritt durch zusätzliche Fahrzeuge belastet. Dadurch wird auch der Widerstand auf den belasteten Strecken, Abbieger und Anbindungen erhöht. Die Widerstandsveränderungen führen dazu, dass sich beim Folgeschritt andere kürzeste Routen ergeben können. Die Matrix wird in mehreren Teilpaketen sukzessive auf das Netz umgelegt. Dabei wird die gesamte Nachfrage prozentuell auf die vom Anwender gewünschte Anzahl an Teilschritten verteilt.

2.7.2.2 Gleichgewichtsverfahren

Beim Gleichgewichtsverfahren handelt es sich um ein belastungsabhängiges Routenwahlmodell, bei dem die Wechselwirkungen zwischen Nachfrage und Routenwahl im Individualverkehr untersucht werden. Die Modellierung orientiert sich an der Gültigkeit des Wardrop'schen Prinzips [Wardrop, 1952], das besagt, dass sich in verkehrsreichen Netzen der Verkehr so arrangiert, dass kein Verkehrsteilnehmer seine Kosten durch ein Wechseln der Route reduzieren kann. Das heißt, dass alle augenblicklich genutzten Wege zwischen einer Quelle und einem Ziel dieselben Kosten verursachen. Diese Kosten sind nicht größer als auf irgendeiner anderen Route mit der gleichen Quelle-Ziel-Wahl. Das so genannte Nutzergleichgewicht kann für zwei Routenalternativen mit der Gegenüberstellung der Kostenfunktionen dargestellt werden. Der Schnittpunkt in Abbildung 4 wird auch als Gleichgewichtspunkt bezeichnet. Dabei wird angenommen, dass c_1 und c_2 die Reisekosten der Route 1 bzw. 2, q_1 und q_2 die Fahrten auf Route 1 bzw. 2 und $f(q_1)$ und $f(q_2)$ die Kostenfunktionen sind.

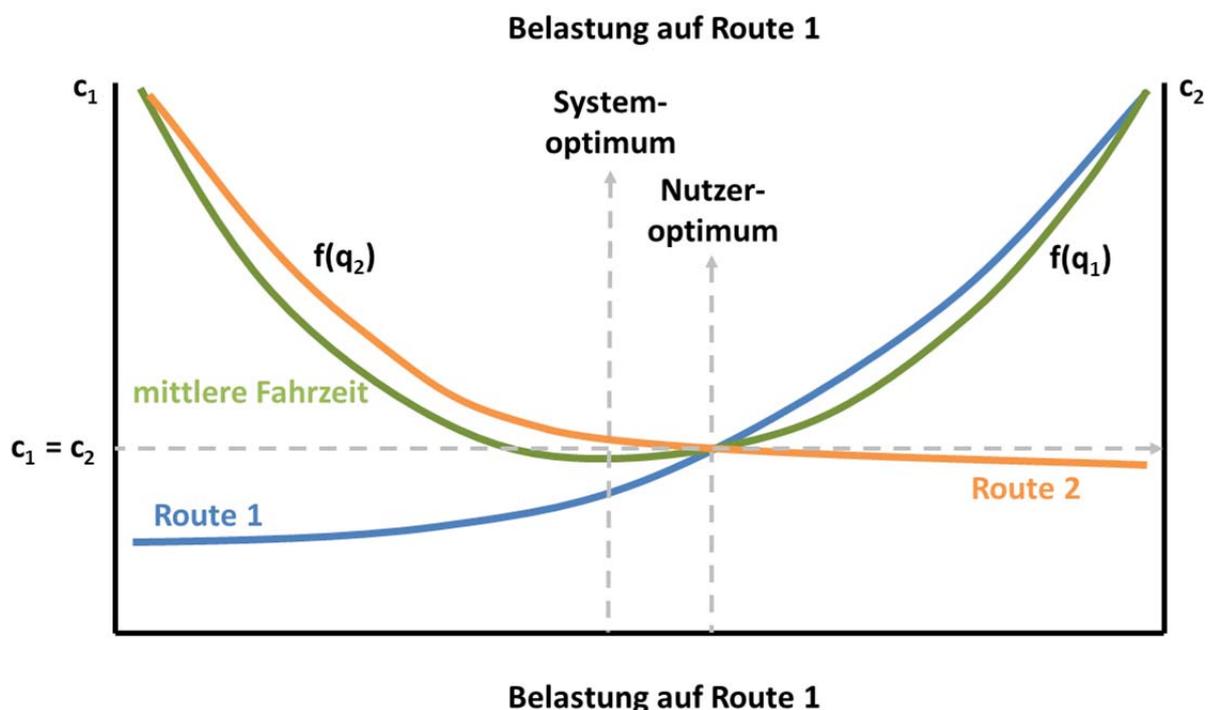


Abbildung 4: Gleichgewicht zwischen zwei Alternativen

Wardrop's zweites Prinzip geht darauf ein, dass im Systemoptimum die Verkehrsströme so arrangiert sind, dass die Summe aller Kosten minimiert wird. Hier besteht eine Ausweichmöglichkeit auf Alternativrouten, wodurch sowohl Vor- als auch Nachteile im System mit anderen Verkehrsteilnehmern entstehen können.

Im Hinblick auf den Ansatz des Gleichgewichts wird analog zur Vorgehensweise bei der Nutzenfunktion wiederum zwischen deterministischen und stochastischen Verfahren unterschieden. In beiden Fällen wird davon ausgegangen, dass jeder Verkehrsteilnehmer die Routenwahl nach dem Prinzip des größten Nutzens vollzieht.

Im deterministischen Ansatz wird angenommen, dass jeder Verkehrsteilnehmer die Eigenschaften der Routen kennt und dadurch in der Lage ist, objektiv die beste Route zu wählen. Der Zugang ist kritisch zu betrachten, wenn es darum geht, den Zufallseinfluss der individuellen Nutzeneinschätzung zu berücksichtigen. Hier setzt das stochastische Verfahren an, das von unvollständiger bzw. unpräziser Information und subjektiven Bewertungen ausgeht.

2.7.2.3 Lernverfahren nach Lohse

Das Verfahren bezieht sich auf den Lernprozess der Verkehrsteilnehmer bei der Benutzung des Straßennetzes. Anhand eines Näherungsverfahrens werden Informationen aus der letzten Fahrt in die neue Routensuche integriert. Dabei wird mehrfach der Weg gesucht, wobei der Widerstand für die Routensuche aus dem Widerstand bei der aktuellen Belastung und aus dem zuletzt geschätzten Widerstand abgeleitet wird. In jedem Teilschritt wird das gesamte Verkehrsaufkommen auf die bisher gefundenen kürzesten Wege umgelegt. Ausgehend von der Wahl des besten Weges „lernen“ die Verkehrsteilnehmer so lange, bis die berechneten Widerstände in zwei aufeinanderfolgenden Iterationsschritten annähernd gleich sind.

2.7.2.4 TRIBUT-Verfahren

Das von der französischen Forschungsgesellschaft INRETS entwickelte TRIBUT-Verfahren basiert auf dem Gleichgewichts-Umlegungsverfahren und stellt bei der Analyse von Mautsystemen eine Erweiterung dieses Ansatzes dar. Während klassische Modellierungen die Straßenmaut als konstanten Zeitwert berechnen, berücksichtigt das TRIBUT-Verfahren auch zufallsverteilte Straßenbenutzungsgebühren. Dabei werden die Zeit und die Kosten in die Berechnung integriert (bikriterieller Ansatz). Im Gegensatz zu klassischen Berechnungen zeichnet sich das Verfahren durch die realistische Preis-Elastizität bezüglich der Mautabgaben aus und eignet sich dadurch besonders für die Modellierung von Straßenbenutzungsgebühren. Verkehrsspezifisch können die Kosten für eine Strecke oder für eine Streckenfolge definiert werden. Die Verwendung von Streckenfolgen ermöglicht die Modellierung nicht-linearer Mautsysteme. Im Hinblick auf die Modellerweiterung wird zwischen dem Gleichgewichtsverfahren und dem Lernverfahren nach Lohse unterschieden. Beide Ansätze basieren auf der Erzeugung eines Netzgleichgewichts zwischen Angebot und Verkehrsnachfrage.

2.7.2.5 Die stochastische Umlegung

Zunächst wird eine Alternativmenge von Routen berechnet, um die Nachfrage für jede Routenoption gemäß eines Aufteilungsmodells (z.B. Logit) beschreiben zu können (Kapitel 3.6). Die stochastische Umlegung geht davon aus, dass jene Kenngrößen der einzelnen Routen (Fahrzeit, Distanz, Kosten), die für die Routenwahl entscheidend sind, von den Verkehrsteilnehmern subjektiv wahrgenommen werden. Oft werden aufgrund verzerrter oder selektiver Wahrnehmung unvollständige

Informationen für die Wahl herangezogen oder die vorhandenen Informationen unterschiedlich gewichtet. Darüber hinaus hängt die Entscheidung von individuellen Präferenzen der Verkehrsteilnehmer ab. Diese können nicht im Modell abgebildet werden. Diese nicht systematisch erfassten Einflussfaktoren führen dazu, dass de facto auch Routen gewählt werden, die bei rationaler Nutzenmaximierung oder bei strenger Anwendung des Wardrop'schen Prinzips, nicht belastet würden, weil sie in Bezug auf die objektiven Kenngrößen suboptimal sind [VISUM, 2011, S. 220].

2.7.3 Widerstände und CR-Funktionen

Alle Umlegungsverfahren basieren auf einem Kurzwegalgorithmus, der widerstandsminimale Routen ermittelt. Der Widerstand einer Route ist belastungsabhängig und ist eine Zusammensetzung aus den Widerständen der Netzobjekte Strecke, Abbieger, Anbindung (Widerstände am Knoten) und Oberabbieger.

Die Routenwahl des Verkehrsteilnehmers wird von objektiven und subjektiven Faktoren beeinflusst. Insbesondere nehmen die Reisezeit und Länge der Route sowie mögliche Straßenbenutzungsgebühren Einfluss auf die Wahl. Aus diesem Grund wird der Widerstand je nach Verkehrssystem definiert und kann spezifisch angepasst werden. Standardmäßig werden folgende Variablen herangezogen:

- Verkehrssystemspezifische Fahrzeit im belasteten Netz
- Streckenlänge
- Verkehrssystemspezifische Mautgebühren
- Benutzerdefinierte Zählwerte
- Streckentypfaktor

Die Zeit eines Netzobjekts wird mithilfe von Kapazitätsbeschränkungs-Funktionen (CR-Funktionen) berechnet. Ausgehend von dem Ansatz, dass mit wachsender Verkehrsbelastung die Fahrzeiten (Widerstände) auf den Netzobjekten ansteigen, basieren alle Umlegungsverfahren auf der Annahme, dass die Fahrzeit auf einem Netzobjekt eine monoton steigende Funktion der Verkehrsbelastung ist. Damit kann für zunehmende Verkehrsbelastung im Netz der Verdrängungseffekt auf Alternativrouten abgebildet werden [VISUM, 2011, S. 225].

Klassische Umlegungsverfahren berücksichtigen im Hinblick auf die CR-Funktionen meist nur die Reisezeit. Als Beispiel können die Zu- und Abgangszeit, Fahrzeit auf den Strecken und die Abbiegezeit an Knotenpunkten herangezogen werden. Im Hinblick auf die Kosten helfen bikriterielle Umlegungsverfahren belastungsabhängige Zeit- und Kostenwiderstände zu berechnen. Die empirischen Daten, die für die Umlegungsverfahren im Verkehrswesen herangezogen werden, können unter anderem aus diskreten Entscheidungsmodellen entnommen werden. Im folgenden Abschnitt werden die theoretischen Hintergründe zur Modellierung von Entscheidungsverhalten erläutert.

2.7.4 Anwendung der Routenwahlmodelle

Für die Routenwahlmodellierung existiert eine Vielzahl an unterschiedlichen Umlegungsmodellen, einige davon wurden im vorigen Abschnitt kurz vorgestellt. Bei der Verwendung der Modelle werden in der Praxis Randbedingungen, wie etwa Rechenzeiten für die Aufgabenstellung, der Detaillierungsgrad des abgebildeten Netzes (z.B: Abbildung der Knotentopologie, Anzahl Fahrstreifen und Ausweitungen etc.), berücksichtigt.

3 Diskrete Entscheidungsmodelle

Diskrete Entscheidungsmodelle gehören zu den probabilistischen, verhaltenstheoretischen Modellen. Sie werden dazu herangezogen Wahlentscheidungen zu (er)klären. Die Grundlage dafür bildet die mikroökonomische Theorie von Preis und Zeit.

3.1 Modelle individuellen Verhaltens

Im Mittelpunkt von Modellen individuellen Verhaltens stehen die Reaktionen einzelner Personen. Dabei gilt es, das Verhalten der Individuen zu analysieren und spezifische Aktivitätsmuster unter dem Fokus individueller Möglichkeiten und Begrenzungen zu erkennen. Im Hinblick auf die Modellierung von Wahlverhalten gilt es, die Entscheidungen zwischen Alternativen zu beobachten. Dabei gehen aktivitätsorientierte Modelle auf folgende Bereiche ein [McNally, 2000, S. 58]:

- Die Verkehrsnachfrage wird abgeleitet von der Nachfrage an Aktivitäten teilzunehmen.
- Das Verkehrsverhalten und die dazugehörigen Verhaltensmuster werden vom sozialen Umfeld beeinflusst.
- Eine Beschränkung des Aktivitäts- und Verkehrsverhaltens liegt in Raum, Zeit, den Transportsystemen und zwischenmenschlichen Beziehungen.
- Aktivitätsorientierte Modelle bilden die räumliche und zeitliche Planung ab.
- Für die Analyse sind Verhaltensmuster gegenüber individuellen Wegen vorzuziehen.

Aktivitätsorientierte Modelle ermöglichen die Abbildung der Verkehrsnachfrage. Dabei wird das tatsächliche Verhalten von Personen bei ihren täglichen Aktivitäten reproduziert. Die Beschreibung von temporären und lokalen Aspekten der Aktivitäten sowie deren Zusammenhänge und Hintergründe ermöglicht die Darstellung komplexer Abläufe. Für das Verkehrswesen werden dafür Modelle der diskreten Wahlentscheidungen herangezogen.

3.2 Eigenschaften diskreter Entscheidungsmodelle

Diskrete Entscheidungsmodelle beschreiben die Entscheidung einer Person zwischen mehreren Alternativen. Die Wahlmöglichkeiten sind dabei festgelegt und begrenzt [Train, 2003, S. 16]. Im Hinblick auf den Entscheidungsprozess wird davon ausgegangen, dass sich der Entscheidungsträger rational verhält und entsprechend einer objektiv nachvollziehbaren Entscheidungsregel handelt.

Für die Modellierung gilt, dass mithilfe von beobachteten Daten die Wahrscheinlichkeit berechnet wird, inwieweit ein Individuum eine bestimmte Alternative aus einer begrenzten Menge von Möglichkeiten wählt.

Auf den ersten Blick liegen sie den Berechnungsansätzen einer einfachen Regressionsgleichung zugrunde. Dabei werden die Werte aus der Summe von beobachtbaren Merkmalen X_{in}^R gewichtet mit dem und dem dazugehörigen Parametervektor β_R geschätzt.

$$V_{in} = \beta_0 + \beta_1 X_{in}^1 + \beta_2 X_{in}^2 + \dots + \beta_R X_{in}^R \quad (6)$$

Die nähere Auseinandersetzung von Temme [2007, S. 328 f.] zeigt, dass der Einsatz von diskreten (unstetigen) Variablen in klassischen Regressionsberechnungen zu falschen Ergebnissen führt. Diskrete Entscheidungsmodelle untersuchen den Zusammenhang einer kategoriell abhängigen Variablen und einer oder mehrerer unabhängiger Variablen, die sowohl metrisch als auch kategoriell skaliert sein können. Sie entsprechen somit dem Ansatz der logistischen Regression. Der Unterschied zur logistischen Regression liegt in der Herleitung der Modelle. Bei diskreten Entscheidungsmodellen wird eine explizite Verhaltensannahme der Entscheidungsträger spezifiziert, auf die bei der logistischen Regression verzichtet wird. Mithilfe von diskreten Entscheidungsmodellen können Zusammenhänge aufgedeckt und Prognosen erstellt werden.

Die wesentlichen Komponenten diskreter Entscheidungsmodelle sind die Entscheidungsträger, Wahlalternativen und deren Attribute sowie die Entscheidungsregel. Ben-Akiva & Bierlaire [1999] beschreiben dazu die grundlegenden Prinzipien und Eigenschaften der Modellkomponenten.

3.2.1 Entscheidungsträger

Der Entscheidungsträger kann ein Individuum oder auch eine Gruppe von Personen (z. B. Haushalt, Organisation) sein. Allgemein betrachtet werden für die Messung von Präferenzen so genannte Entscheidungseinheiten¹ herangezogen. Dies resultiert aus dem disaggregierten Ansatz diskreter Entscheidungsmodelle, da es sich bei verkehrlichen Abläufen um die Überlagerung der Ausprägungen individuell getroffener Entscheidungen handelt. Um die Heterogenität der Präferenzen zu erklären, müssen personabhängige Charakteristika, wie die sozioökonomischen Variablen Alter, Geschlecht, Bildung, Einkommen oder die Siedlungsstruktur des Wohnortes, in das Modell einbezogen werden.

3.2.2 Alternativen

Im Mittelpunkt der Entscheidungstheorie steht die Wahl einer Alternative aus einer endlichen, aber umfassenden Gruppe sich gegenseitig ausschließender Möglichkeiten. Für die Wahl einer Alternative wird ein wahrscheinliches Verhalten angenommen. Durch Wahrscheinlichkeitsaussagen wird der Variation beobachtbarer Entscheidungen bei gleichen Voraussetzungen - d.h. gleichen Ausprägungen der unabhängigen Variablen - Rechnung getragen. Für die systematische Analyse des Wahlverhaltens müssen sowohl über die gewählte als auch über die nicht gewählten Alternativen Informationen vorliegen, anhand derer die Alternativen verglichen werden können. Zumeist erfolgt die Generierung der Alternativen anhand deterministischer Kriterien alternativer Verfügbarkeit herangezogen.

Jeder Entscheidungsträger erhält nur eine Teilmenge aus einem Pool möglicher Alternativen. Diese Teilmenge wird als Choice Set bezeichnet.

3.2.3 Attribute der Alternativen

Als Attribute werden jene Eigenschaften bezeichnet, durch die die einzelnen Alternativen der Wahlaufgabe beschrieben werden. Jedes Attribut kann unterschiedliche Ausprägungen annehmen. Die Attraktivität einer Alternative wird durch eine vektorielle Größe der jeweiligen Attribute dargestellt. Die Ausprägungen der Attribute können entweder auf Ordinal- (z.B. Pünktlichkeit

¹ Im Sinne des Leseflusses wird die Entscheidungseinheit mit einer „Person“ gleichgesetzt. Dazu zählen aber auch Organisationen, Haushalte und andere Gruppierungen.

schlecht, mittel, gut, sehr gut) oder auf Kardinalskalenniveau (z.B. Reisekosten in Euro) gemessen werden.

3.2.4 Entscheidungsregel

Die Entscheidungsregel beschreibt den internen Mechanismus der Person, um die verfügbaren Informationen zu verarbeiten und eine Auswahl zu treffen.

In der Regel überprüft der Entscheidungsträger die Attribute der Alternativen des Choice Sets und trifft im Anschluss eine Wahl. Die Gründe für eine Entscheidung können in der Dominanz, der Zielerfüllung oder im Nutzen einer Alternative liegen. Viele Mobilitätsstudien beziehen sich auf die Konsumtheorie der Nutzenmaximierung. Für die Analyse dieser Entscheidungsvorgänge werden Modellierungen bestimmt und Schätzwerte vorgenommen. Die Funktion zur Bestimmung des Nutzens ermöglicht den Vergleich der Attribute und gegebenenfalls deren gegenseitige Kompensation. Der Ansatz dieser Modellierung liegt in der mikroökonomischen Theorie.

3.3 Diskrete Entscheidungen in der Routenwahl

Vrtic [2004] führt an, dass im ersten Schritt der Routenwahl-Modellierung Alternativen generiert werden. In weiterer Folge werden sowohl die Verkehrsstromaufteilung als auch die Routenwahl aus dem entsprechenden Routensatz analysiert.

Der Routensatz stellt dabei die möglichen Alternativen dar, zwischen denen die Individuen oder Gruppen entscheiden. Hier wird zwischen individuellen und universellen Wahlmöglichkeiten differenziert. Aus dem universellen Routensatz, auch Master Choice Set genannt, werden die individuellen Alternativen gezogen. Hier findet unter anderem auch ein Filterungsprozess statt, bei dem Einflussfaktoren wie persönliche Wahrnehmungen, Bewertungen und andere Beschränkungen berücksichtigt werden.

Die meisten Verfahren für die Generierung des Routensatzes basieren auf der Suche nach dem kürzesten Weg. Durch systematischen Wechsel der Merkmale des kürzesten Weges kann eine Anzahl von Routen generiert werden. Routensätze, die auf einer Quelle-Ziel-Beziehung beruhen, können anhand von deterministischen oder stochastischen Modellen erzeugt werden.

Beim deterministischen Verfahren wird ein Satz von alternativen Routen erfasst, auf denen die Verkehrsstromaufteilungsmodelle angewendet werden. Von zentraler Bedeutung ist der heuristische Zugang, bei dem zwischen erschöpfenden und selektiven Klassen unterschieden wird. Während der erschöpfende Zugang alle möglichen Routen im Netz berücksichtigt, identifiziert die selektive Methode einen Satz von Routen, der heuristisch festgesetzte Regeln wie die Fahrzeit bei Überbelastung, die Autobahnlänge und monetäre Kosten erfüllt.

Im Hinblick auf stochastische Verfahren können die Routensätze explizit und implizit generiert werden. Beim expliziten Ansatz wird zunächst der Routensatz erzeugt, gefolgt von der Verkehrsstromaufteilung. Das implizite Verfahren simuliert beide Vorgänge in einem Schritt. Dabei wird für das Routenwahlmodell die Verfügbarkeit/Wahrnehmung jeder Alternative berücksichtigt.

Cascetta et al. [1998] entwickelten dazu das Implicit Availability/Perception Logit-Modell (IAP-Logit). Dabei wird die Nutzenfunktion des multinominalen Logit-Modells um einen Term erweitert. Dieser stellt ein Abhängigkeitsmaß für Routen in einem numerischen Ausdruck für den Anteil an gemeinsam benutzten Teilrouten dar. Die Modellbildung dazu wird im Kapitel 3.4.4 beschrieben.

3.4 Modellgrundlagen

Im Hinblick auf die praktische Anwendung im Verkehrswesen wurden die Anforderungen und Bedingungen auf verkehrsspezifische Aspekte erweitert.

3.4.1 Die mikroökonomische Theorie

Die Ansätze der mikroökonomischen Theorie ermöglichen eine konkrete Formulierung eines Entscheidungsprozesses. Dabei geht die Nachbildung von Entscheidungsmodellen im Verkehrsbereich vorwiegend auf mikroökonomische Grundvorstellungen zurück. Im Zentrum steht das Konzept des "homo oeconomicus", bei dem der Mensch nach Nutzenmaximierung strebt. Demnach wird angenommen, dass eine Entscheidung auf rationaler Ebene vollzogen wird, da die Wahl einer Möglichkeit Nutzen beinhaltet.

Die mikroökonomische Konsumtheorie zeichnet sich durch vier wesentliche Elemente aus: Güterbündel, Präferenzen, Nutzen sowie Budgetrestriktion. Im Hinblick auf die Bündelungen handelt es sich um mehrere homogene und beliebig teilbare Güter, die sich anhand des Vektors x unter der Nebenbedingung beschreiben lassen [Hanusch, 1994, S. 16]:

$$x = (x_1, \dots, x_I) \quad (7)$$

$$y \geq \sum_i p_i \cdot x_i \quad (8)$$

x_i ($i = 1, \dots, I$) repräsentiert die konsumierte Menge des Gutes i aus dem Güterbündel x . Jeder Konsument verfügt über ein bestimmtes Budget y , mit dem die Güter zum Preis von p_i ($i = 1, \dots, I$) konsumiert werden können. Dabei darf der Betrag, der für das gesamte Güterbündel ausgegeben wird, nicht größer sein als jener Geldbetrag, der zur Verfügung steht. Diese Nebenbedingung grenzt die Wahl der Güterbündel (Alternativen) ein, da der Konsument nach Leistbarkeit entscheiden muss.

Die Wahl des besten Güterbündels basiert auf einer nutzenorientierten Entscheidungsregel. Durch einführen einer geeigneten Funktion wird eine modelltheoretische Beschreibung einer Entscheidung ermöglicht, die eine eindeutige Lösung gestattet:

$$u = u(x) = u(x_1, \dots, x_I) \quad (9)$$

Hier setzt auch die mikroökonomische Theorie von Preis und Zeit im Verkehrswesen an. Dabei wird der ökonomische Zugang auf Reiseaktivitäten unter Berücksichtigung von zeitlichen Komponenten erweitert.

3.4.2 Die mikroökonomische Theorie von Preis und Zeit

Die Zeit spielt eine wesentliche Rolle in der Modellierung von Entscheidungsverhalten im Verkehrswesen. Dabei gilt es zu erwähnen, dass die Wertigkeit der Zeit oder Zeiteinsparungen im Reiseverhalten von zentraler Bedeutung sind. Da ökonomische Aktivitäten auch zeitabhängig sind, ist es möglich die mikroökonomische Theorie von Preis und Zeit auf die verkehrsspezifischen Modellierungen zu übertragen.

DeSerpa [1971] fasst die Abhängigkeit von nutzenorientiertem Konsum und Zeit in folgenden Modellansätzen zusammen:

- Der Nutzen ist nicht nur von den konsumierbaren Gütern abhängig, sondern ebenfalls von der Zeit, die für ihren Konsum notwendig ist.
- Das Individuum trifft seine Entscheidungen aufgrund von zwei Nebenbedingungen; der Einkommens- und der Zeitbeschränkung.
- Die Entscheidung, eine bestimmte Menge eines Gutes zu konsumieren, erfordert ein bestimmtes Minimum an Zeiteinheiten, die dafür eingesetzt werden müssen. Es kann aber auch mehr Zeit für diese Aktivität eingesetzt werden, wenn das Individuum dies wünscht.

Im Hinblick auf die Erweiterung der mikroökonomischen Theorie wird die Nutzenfunktion in Gütern und Zeit beschrieben. Axhausen und Abay [2000] setzen die Nutzenfunktion auch für Reiseaktivitäten von Individuen ein und betrachten die Zeitkosten als Bestandteil von Reisekosten. Sie beziehen sich unter anderem auf das Modell von Becker [1965]. Demnach werden Konsumleistungen oder -aktivitäten nur dann „produziert“, wenn erworbene Güter und Zeit kombiniert werden. Die Nutzenmaximierung wird dabei von Einkommens- und Zeitbeschränkung bestimmt. Im Hinblick auf den Preis von Verkehrsleistungen muss aus diesem Grund zwischen direkt monetären Kosten und monetarisierbaren Zeitkosten unterschieden werden.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Zusammenhang zwischen der Theorie des Konsumentenverhaltens und der Anwendung von diskreten Entscheidungsmodellen im Verkehrswesen in der Ableitung der Nutzentheorie liegt.

Der Einsatz einer vereinfachten Nutzenfunktion von Truong und Hensher [1985] soll dazu ein Beispiel geben:

$$U = U(x, q, t_1, \dots, t_n)$$

mit x als Menge eines generalisierten Konsumgutes, q der Zeit, in der die generalisierte Aktivität vollzogen wird und t_1, \dots, t_n als Reisezeiten für alternative, sich gegenseitig ausschließende Reisemöglichkeiten für eine bestimmte Quelle-Ziel-Beziehung.

Bevor die unterschiedlichen Modelle diskreter Entscheidungen vorgestellt werden, erfolgt eine Darlegung wichtiger Zusammenhänge zwischen der klassischen mikroökonomischen Konsumtheorie und der Zufallsnutzentheorie.

3.5 Zufallsnutzentheorie

Die diskreten Entscheidungsmodelle der vorliegenden Arbeit basieren auf dem Konzept der Zufallsnutzentheorie (Random Utility Theory). Im Mittelpunkt des Ansatzes steht die Annahme, dass jeder Entscheidungsträger nach dem Modell des homo oeconomicus agiert und den Nutzen der Aktivitäten maximieren will. Das bedeutet, dass die Wahlentscheidung in erster Linie vom persönlichen Nutzen der Alternative, im weiteren Entscheidungskontext vom höchsten Nutzen für den einzelnen Teilnehmer abhängt [vgl. Train, 2003].

Im Hinblick auf die Nutzenmaximierung wählt der Entscheidungsträger eine Alternative i genau so, dass der Nutzen der gewählten Alternative für ihn größer ist als der aller anderen möglichen

Alternativen [Ben-Akiva et al., 1985]. Dabei steht U_{in} für den Nutzen U der Alternative i aus der Menge C aller Alternativen für die Person n .

$$U_{in} \geq U_{jn} \quad \forall j \in C_n, i \neq j. \quad (10)$$

Da der Nutzen für den einzelnen Entscheidungsträger nicht beobachtbar ist, handelt es sich um ein Konstrukt, das anhand von beobachtbaren Größen zusammengesetzt wird. Beschrieben werden dabei die Eigenschaften und Merkmale der Alternativen sowie jene der befragten Personen.

Teubel [1997, S. 7] fasst im Hinblick auf diese Tatsache zusammen: Der Nutzen U , den jede Alternative bietet, ist eine Funktion der Eigenschaften z_{in} der Alternative selbst und der Eigenschaften s des Individuums.

$$U_{in} = U(z_{in}, s_n) \quad \forall i \in C_n \quad (11)$$

z_{in} = Vektor mit Eigenschaften der Alternative i für Individuum n .

s_n = Vektor mit Eigenschaften des Individuums n .

In weiterer Annäherung muss jedoch davon ausgegangen werden, dass die Hintergründe zum Entscheidungsverhalten nie ganz erfasst werden können, da die beobachtbaren Größen den Nutzen des Entscheidungsträgers nur zum Teil erklären. Ben-Akiva und Lerman [1985] belegen die Unsicherheit des Ansatzes mit einer weiteren Überlegung zur Wahrscheinlichkeitsrechnung. Sie weisen darauf hin, dass die Wahrscheinlichkeit aus einem Choice Set eine Alternative zu wählen, gleich definiert ist wie die Wahrscheinlichkeit sich für die Alternative mit dem größten Nutzen zu entscheiden. Aus diesem Grund wird ein Teil des Nutzenkonstrukts als zufälliger Term beschrieben [vgl. Maier & Weiss, 1990].

Da das Konstrukt der Zufallsnutzentheorie aus einem beobachtbaren und einem nicht beobachtbaren Teil besteht, wird das individuelle Entscheidungsverhalten in eine deterministische und eine stochastische Nutzenkomponente unterteilt. Dabei beschreibt U_{in} den wahren Nutzen der Alternative i , zusammengesetzt aus der erklärbaren Komponente V_i und der Fehlerkomponente ε_{in} , die den objektiven Nutzen der Alternative hinsichtlich Individualität des Entscheidungsträgers und möglicher Mess- und Beobachtungsfehler relativiert [Ben-Akiva & Bierlaire, 1999].

$$U_{in} = V_i + \varepsilon_{in} \quad (12)$$

Beide Bereiche sind untrennbar miteinander verbunden. Der deterministische Nutzen beschreibt sozioökonomische Charakteristika der Entscheidungsträger. Hierbei wird davon ausgegangen, dass sich Personengruppen mit gleicher bzw. ähnlicher Ausprägung in einem Merkmal (z.B. Geschlecht, Alter, Bildungsgrad, Einkommensklasse) in ihrem Entscheidungsverhalten ähneln [Maier & Weiss, 1990]. Der stochastische Teil bezieht sich auf den unerklärbaren Teil, der oft auch als Störterm bezeichnet wird. Sein Auftreten gründet unter anderem auf einer unvollkommenen Operationalisierung der erfassten Konstrukte oder auf einem Messfehler [Temme, 2007].

Durch das Einsetzen der deterministischen und stochastischen Nutzenkomponenten in Gleichung (4) ergibt sich folgende Wahrscheinlichkeit für die Wahl [Ben-Akiva & Lerman, 1985]:

$$P_n(i) = P(V_{in} + \varepsilon_{in} \geq V_{jn} + \varepsilon_{jn}, \forall j \in C_n, j \neq i) \quad \forall i \in C_n \quad (13)$$

$$P_n(i) = P(V_{in} - V_{jn} \geq \varepsilon_{jn} - \varepsilon_{in}, \forall j \in C_n, j \neq i) \quad \forall i \in C_n \quad (14)$$

mit V_{in} und V_{jn} als deterministische und ε_{in} und ε_{jn} als stochastische Nutzenkomponenten der Alternativen i und j des Choice Set C_n .

Die unterschiedlichen Modelle der Zufallsnutzentheorie resultieren aus verschiedenen Annahmen zur Verteilung der Fehlerkomponente. In den meisten Fällen wird angenommen, dass die Fehler über die Alternativen hinweg voneinander unabhängig und identisch verteilt sind und einer univariaten Extremwertverteilung, der Gumbel-Verteilung, unterliegen [Brocke, 2006]. Nähere Erläuterungen zu den unterschiedlichen Modellansätzen werden im folgenden Kapitel beschrieben.

3.6 Modellansätze

Basierend auf den allgemeinen Modellansätzen wird in der vorliegenden Arbeit auf vier Modellarten eingegangen, die für den empirischen Teil von zentraler Bedeutung sind.

3.6.1 Multinomiales Logit-Modell (MNL)

Das Logit-Modell ist das häufigste angewandte multinominale diskrete Entscheidungsmodell. Es wird durch jene Wahrscheinlichkeit charakterisiert, bei der ein Individuum n die Alternative i aus einer Anzahl von Alternativen C_n wählt. Dabei errechnet sich die Wahrscheinlichkeit der Wahl einer einzelnen Alternative aus dem Nutzen einer Alternative in Relation zur Summe aller anderen Alternativen [Tschopp et al., 2011]. Im Fall, dass alle Alternativen aus einem deterministischen V_{in} und einem stochastischen Teil ε_{in} mit $i \in C_n$ bestehen und der Störterm ε_{in} (1) unabhängig verteilt, (2) gleich verteilt sowie (3) Gumbel-verteilt ist, gilt unter dem Lageparameter η und Skalierungsparameter $\mu > 0$ [Ben-Akiva & Lerman, 1985]:

$$P_n(i) = \frac{e^{\mu V_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{\mu V_{jn}}} \quad (15)$$

Die Gumbel-Verteilung wird sowohl durch die Verteilungsfunktion $F(\varepsilon)$ als auch durch die Dichtefunktion $f(\varepsilon)$ charakterisiert. Mit dem Lageparameter η und dem Skalierungsparameter μ lauten die Funktionen:

$$F(\varepsilon) = \exp[-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}], \quad \mu > 0 \quad (16)$$

$$f(\varepsilon) = \mu e^{-\mu(\varepsilon-\eta)} \exp[-e^{-\mu(\varepsilon-\eta)}] \quad (17)$$

Der Nutzen einer Alternative ist eine relative Größe, die nicht alleine betrachtet werden kann. Im multinominalen Logit-Modell werden verschiedene Alternativen durch die Differenz ihres Nutzens

verglichen [Tschopp et al., 2011]. Dabei unterliegt die Differenz von zwei Variablen mit Extremwertverteilung ($\varepsilon_{nji}^* = \varepsilon_{nj} - \varepsilon_{ni}$) jener logistischen Verteilungsfunktion, die als grundlegende Formel für das binäre Logit-Modell verwendet wird [Train, 2003].

$$F(\varepsilon_{nji}^*) = \frac{e^{\varepsilon_{nji}^*}}{1 + e^{\varepsilon_{nji}^*}} \quad (18)$$

Indem für die Fehlerkomponente die Extremwert-Verteilung (und damit die logistische Verteilung der Fehlerdifferenzen) herangezogen wird, gilt beinahe die gleiche Annahme, wie wenn die Fehler unabhängig normal verteilt sind. Damit ist sowohl Bedingung (1) als auch (2) für die Verteilung des Störterms erfüllt [Train, 2003].

Die Grenzen des multinominalen Logit-Modells liegen in der Tatsache, dass im Entscheidungsprozess ausschließlich die absolute Nutzendifferenz betrachtet wird. Dabei thematisieren Tschopp et al. [2011] drei Grundannahmen, welche die Voraussetzungen des Modells erfüllen, die in der Realität jedoch nur bedingt zutreffen:

- Aufgrund von ungeklärten Charakterunterschieden geht das Modell von einer Reaktionshomogenität verschiedener Personen aus.
- Es gibt keine quantifizierbaren Einflussgrößen, da die Zufallsfehler voneinander unabhängig sind. Dies bedeutet, dass keine Störvariable den Nutzen der einzelnen Alternativen gleichartig beeinflusst.
- Weiters bezieht sich das Modell auf eine einheitliche Struktur der Fehlervarianz. Dies würde bedeuten, dass für alle Personen die gleiche Konkurrenzstruktur zwischen den Alternativen existiert [Bhat & Zhao, 2001].

Der Ansatz der Unabhängigkeit von irrelevanten Alternativen weist sowohl auf die Stärken als auch die Schwächen des Logit-Modells hin. Die so genannte *I/A*-Eigenschaft (Independence from Irrelevant Alternatives) besagt, dass das Verhältnis der Auswahlwahrscheinlichkeiten zweier Alternativen unabhängig von Verfügbarkeit und Charakteristik anderer Alternativen ist. Die Struktur des Modells ist in dieser Form nicht für alle Fragestellungen anwendbar. Auf diese Tatsache weist das „red bus - blue bus“ - Paradoxon hin, bei dem die Auswahl zwischen drei Verkehrsmitteln (Auto, roter und blauer Bus) die Auswahlwahrscheinlichkeit von jeweils einem Drittel nicht erfüllt, da die a-priori-Erwartung die Wahl zwischen beiden Bussen auf die Hälfte reduziert. Das Problem liegt dabei in der Definition der Alternativen. Hinsichtlich des diskreten Entscheidungs-Experiments stellen sowohl der rote als auch der blaue Bus eine unabhängige Alternative dar, obwohl die Merkmalsausprägungen vieler Attribute übereinstimmen. Die Restriktionen beziehen sich weiters auch auf jene Fälle, bei denen Zusammenhänge zwischen dem Fehlerterm und den Alternativen bestehen.

Im Hinblick auf die Stärken des Modells kann festgehalten werden, dass die Auswirkungen von Veränderungen der Alternativenmenge sehr leicht daraus abgeleitet werden können. Weiters kann sie als eine Art Qualitätsprüfung angesehen werden, da das Modell aufgrund der *I/A*-Eigenschaft stochastisch getestet und implizit auf die Definitionen hin überprüft wird. Weiters wird das Risiko verringert, systematische Zusammenhänge in die Zufallskomponente abzudrängen oder redundante Kovarianzen zu erzeugen [Maier & Weiss, 1990].

3.6.2 Multinomiales Probit-Modell

Das multinominale Probit-Modell ist eine Erweiterung des MNL-Ansatzes und basiert auf der Annahme, dass die Unsicherheiten der Nutzenfunktion normalverteilt sind.

Das Modell zeichnet sich durch seine Flexibilität aus. Dies beruht auf dem Ansatz, dass beliebige Korrelationen zwischen den verschiedenen Alternativen zugelassen werden. Ben-Akiva & Bierlaire [1999] sprechen dabei von einer expliziten Erfassung der Korrelation zwischen allen Alternativen. Dabei wird angenommen, dass der Fehlerterm nicht mehr der Gumbel-Verteilung unterliegt, sondern einer mehrdimensionalen Normalverteilung.

Das multinominale Probit-Modell ermöglicht Unterschiede in der individuellen Wahrnehmung der Variablen zu erfassen und verschiedene Substitutionsmuster zwischen den Alternativen abzubilden. In Bezug auf Längsschnittstudien (Panel-Daten) können temporär abhängige Entscheidungen auf Korrelationen in den Störtermen analysiert werden [Train, 2003].

Da davon ausgegangen wird, dass der Zufallsnutzen normalverteilt ist und ein paarweiser Vergleich des Nutzens der Alternative i mit dem aller anderen zur Verfügung stehenden Alternativen erfolgt, gilt für die Berechnung der Wahlwahrscheinlichkeit der Alternative i [Bühler, 2006, S.83]:

$$P_n(i) = \int_{-\infty}^{V_i - V_1} \dots \int_{-\infty}^{V_i - V_J} f_i(\tilde{\varepsilon}_{ijn}) d\tilde{\varepsilon}_{ijn} \quad (19)$$

$$\text{mit } f_i(\tilde{\varepsilon}_{ijn}) = \frac{1}{\sqrt{(2\pi) \det |\tilde{\Omega}_i|}} \exp\left(-\frac{1}{2} \tilde{\varepsilon}_{ijn}^T \cdot \tilde{\Omega}_i^{-1} \cdot \tilde{\varepsilon}_{ijn}\right) \quad (20)$$

Dabei entspricht $f_i(\tilde{\varepsilon}_{ijn})$ der Dichtefunktion des normalverteilten $(I-1)$ dimensionalen Zufallsvektors $\tilde{\varepsilon}_{ijn}$. Bei einer großen Anzahl von Alternativen ist aufgrund der Mehrfachintegrale in den Wahlwahrscheinlichkeiten das Mixed Logit (ML) -Schätzverfahren nicht anwendbar. Deshalb müssen die Wahlwahrscheinlichkeiten im Multinomialen Probit-Modell durch Methoden wie die numerische Integration oder die Clarks-Approximation simuliert werden [Train, 2003].

Vrtic [2005] fasst die Unterschiede der MNL- und Probit-Modelle zusammen und schlussfolgert: Das MNL-Modell ist schätztechnisch relativ einfach anzuwenden, in seiner Struktur allerdings durch die IIA-Eigenschaft stark eingeschränkt. Das multinominale Probit-Modell erlaubt zwar vielfältige Beziehungen zwischen den Störtermen und ist damit wesentlich allgemeiner als das Logit-Modell, führt aber zu größeren schätztechnischen Problemen.

3.6.3 Nested Logit-Modell (NL)

Das Nested Logit-Modell nimmt eine Zwischenposition zwischen Logit- und Probit-Modell ein [Maier & Weiss, 1990]. Im Grunde stellt es eine Erweiterung des multinomialen Logit-Modells dar und wirkt vor allem der Restriktivität bezüglich der IIA-Eigenschaften entgegen. Die Annahme der unabhängigen Variablen wird durch die Bildung von mehreren Untergruppen (als Entscheidungsalternativen) umgangen. Bei der Bildung von so genannten Nestern bleiben zwar die Korrelationen zwischen den Fehlergrößen einer Gruppe weiter bestehen, die Fehlergrößen zwischen den Gruppen korrelieren jedoch nicht [Urban, 1993; Vrtic, 2005].

Ziel des Modells ist es, Zusammenhänge zwischen den vorgegebenen Alternativen zu finden. Die Tatsache, dass Abhängigkeiten vorliegen, tritt vor allem bei ähnlichen Alternativen auf. Das Nested Logit-Modell fasst in diesem Fall die Alternativen in Untergruppen zusammen und lässt innerhalb dieser Bereiche Korrelationen zu.

Der Hauptunterschied zwischen dem Multinomialen Logit-Modell und dem Nested Logit-Modell liegt also in der Annahme, dass zwischen den nicht erkannten Einflussgrößen der Alternativen Korrelationen bestehen [Tschopp et al., 2011, S. 76]. Dabei kann das Nested Logit-Modell als Produkt des Multinomialen Logit-Modells, definiert für jede Ebene der Baumstruktur, betrachtet werden [Vrtic et al., 2005, S. 17].

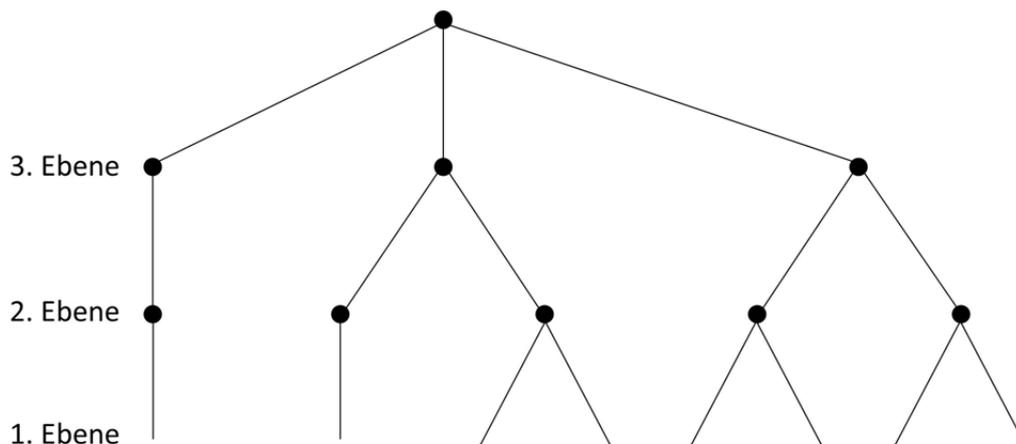


Abbildung 5: Nested Logit Modell – Baumstruktur [Axhausen, 2009]

Ähnlichkeiten bzw. Nutzenkomponenten werden in Teilbereiche der zugehörigen Alternative aufgespalten und modelliert [vgl. Ben-Akiva & Lerman, 1985, S. 285].

Zur Herleitung des Nested Logit-Modells werden folgende Annahmen herangezogen [Maier & Weiss, 1990, S. 156]:

- Einer der beiden Störtermkomponenten ε_{ω} oder ε_{α} weist eine Varianz von Null auf oder im Vergleich mit den anderen Komponenten zumindest eine so geringe Streuung, dass sie problemlos vernachlässigt werden kann.
- ε_{α} und $\varepsilon_{\omega\alpha}$ sind unabhängig verteilt für alle möglichen Kombinationen.
- Die Komponente $\varepsilon_{\omega\alpha}$ ist unabhängig identisch Gumbel-verteilt mit dem Lageparameter Null und Skalierungsparameter μ .

Die Wahrscheinlichkeit eine Alternative zu wählen, lässt sich aus dem Produkt der Wahrscheinlichkeit der Wahl einer Alternative innerhalb eines Nestes $P_{jk|B_k}$ und der Wahrscheinlichkeit der Wahl dieses Nestes P_{B_k} berechnen [Tschopp et al., 2011, S. 76]:

$$P_{jp, B_k} = P_{jk|B_k} \cdot P_{B_k} \tag{21}$$

Eine direkte Erweiterung des Nested Logit-Modells ist das Cross-Nested Logit-Modell (CNL). Es hat den Vorteil, dass es für komplexere Korrelationsstrukturen herangezogen werden kann. Die Erweiterung des Systems basiert auf der Annahme, dass jede Alternative mehreren Nestern zugeordnet werden kann. Ähnlich wie beim Nested Logit-Modell ist der Alternativensatz im zugehörigen Nest verteilt. Zusätzlich wird für jede Alternative i und jedes Nest j der Einschlussparameter α_{ji} ($0 \leq \alpha_{ji} \leq 1$) berechnet, der den Zugehörigkeitsgrad der Alternative i zum Nest j beschreibt [Vrtic, 2005, S. 23].

Die theoretische Abhandlung gibt einen Überblick über die unterschiedlichen Ansätze diskreter Entscheidungsmodelle. Für die Datenerhebung sind Messinstrumente einzusetzen, die auf den Untersuchungsgegenstand abgestimmt sind.

3.6.4 Implicit Availability/Perception Logit-Modell (IAP-Logit)

Die Nutzenfunktion des multinominalen Logit-Modells wird um einen Term erweitert. Dieser stellt ein Abhängigkeitsmaß für Routen in einem numerischen Ausdruck für den Anteil an gemeinsam benutzten Teilrouten dar.

Bei diesem Modell wird die Wahrscheinlichkeit, dass ein Verkehrsteilnehmer n die Route i wählt, nach folgender Funktion berechnet [Cascetta & Papola, 1998]:

$$P_n(i) = \frac{\exp(V_i + \ln \mu_n(i))}{\sum_{i' \in M} \exp(V_{i'} + \ln \mu_n(i'))} \quad (22)$$

mit M als Master Choice Set, den Satz aller möglichen Routen; im Fall von $\mu_n(i) = 1$ ist die Route i verfügbar, $\mu_n(i) = 0$ bedeutet, dass die Route nicht verfügbar oder unbekannt ist. Hier wird die Größe als Zufallsvariable $\bar{\mu}_n(i)$ generiert. Die Wahrscheinlichkeit wird dabei unter der Annahme der maximalen Varianz für $\mu_n(i)$ mit folgender Funktion ermittelt [Cascetta & Papola, 1998]:

$$P_n(i) = \frac{\exp \left[V_i + \ln \bar{\mu}_n(i) - \frac{1 - \bar{\mu}_n(i)}{2 \cdot \bar{\mu}_n(i)} \right]}{\sum_{i' \in M} \exp \left[V_{i'} + \ln \bar{\mu}_n(i') - \frac{1 - \bar{\mu}_n(i')}{2 \cdot \bar{\mu}_n(i')} \right]} \quad (23)$$

Für die Spezifizierung von $\bar{\mu}_n(i)$ im Fall eines binären Logit-Modells wird nach Cascetta folgende Annahme getroffen:

$$\bar{\mu}_n(i) = \frac{1}{1 + \exp(\sum_{k=1}^K \gamma_k \cdot Y_{ink})} \quad (24)$$

mit Y_{ink} als Eigenschaft der k -ten Variable zur Beschreibung der Wahrnehmung/Verfügbarkeit der Alternative i für Verkehrsteilnehmer n . Dabei stellt γ_k den Parameter zu Y_{ink} dar.

3.7 Messinstrumente

Für die Analyse des Entscheidungsverhaltens in Verkehrssituationen können sowohl Stated Preference (SP) als auch Revealed Preference (RP) Verfahren eingesetzt werden. Erstere beziehen sich auf hypothetische Wahlhandlungen in wirklichkeitsnahen Entscheidungssituationen [Wittowsky, 2008, S. 32]. Analysiert werden dabei nicht die tatsächlichen Verhaltensweisen, sondern jene Präferenzen der befragten Personen, die im Zuge der Erhebung kundgetan werden [vgl. Knapp, 1998, S. 186].

Im Gegensatz dazu basieren Revealed Preference Experimente auf Befragungen oder Beobachtungen tatsächlicher Wahlentscheidungen oder zugrundeliegender Aktivitätsplanungsprozesse [Wittowsky, 2008, S. 32]. Die meisten Modellschätzungen hinsichtlich der Verkehrsmittel- und Routenwahl beziehen sich bisher auf RP-Daten. Die Nutzbarkeit dieser Daten ist jedoch eingeschränkt, da entscheidungsrelevante Faktoren wie Komfort, Zuverlässigkeit etc. nicht berücksichtigt werden können [Vrtic & Fröhlich, 2006a, S.55].

Der Einsatz der Stated Preference Methode (Stated Response Methode) ermöglicht die Analyse des Entscheidungsverhaltens hinsichtlich neuartiger Regelwerke im Verkehrswesen [Axhausen & Sammer, 2001]. Dabei werden den befragten Personen realitätsnahe Entscheidungssituationen vorgegeben, wobei eine Bewertung abgegeben, eine Rangordnung gebildet oder eine Wahlentscheidung getroffen werden muss [vgl. Knapp, 1998, S. 187]). Im Stated Choice Paradigma, einem Untertyp der Stated Preference Verfahren [vgl. Axhausen, 2003], werden die Alternativen durch systematisch variierte Ausprägungen der Attribute beschrieben, wobei immer eine aus mehreren Alternativen auszuwählen ist. Die Attributausprägungen werden dabei so variiert, dass die beobachteten Entscheidungen dem Untersuchenden erlauben, die relativen Gewichte der Einflussgrößen zu bestimmen [Axhausen 2003]. Für die Beschreibung des Modells der vorliegenden Studie wird auf Kapitel 5.1.3 verwiesen.

Für die Modellierung und Berechnung gilt, dass Fakten herangezogen werden müssen, um ein realistisches Abbild zu generieren. Rose und Hensher [2006a] gehen davon aus, dass der Realitätsbezug eines SP-Experiments nur dann gewährleistet ist, wenn die Alternativen, Attribute und Ausprägungen der Choice Sets die Erfahrungen der Teilnehmer einbeziehen. Das bedeutet, dass noch vor der Auslegung der Wahlmöglichkeiten Informationen von den befragten Personen eingeholt werden müssen.

Im folgenden Kapitel sollen die theoretischen Grundlagen des Untersuchungsdesigns erläutert werden, in das die Wahlaufgaben eingebettet wurden.

3.8 Experimentelle Designs - Versuchsplanung

Das experimentelle Design ist die Grundlage für jede Stated Preference Befragung. Es handelt sich dabei um eine Matrix von Werten, die die Attribute und deren Ausprägungen repräsentieren. Für die Zusammenstellung gilt, dass ein gutes Design eine angemessene Anzahl an Attributen und Wahlkontexten besitzt, um mit der Variation an Attributausprägungen aussagekräftige Verhaltensreaktionen zu produzieren [Olaru et al., 2011, S. 2].

In der Theorie wird zwischen vollwertig faktoriellen und teilfaktoriellen Designs unterschieden. Erstere umfassen jede mögliche Wahlsituation. Das sind alle Kombinationen aus den Attributen. Im Hinblick auf die Kombinatorik entsteht oft schon bei einer geringen Anzahl an Attributen, Ausprägungen und Niveaus eine übergroße Menge an Wahlsituationen. Dies führt sowohl zum Verlust des Überblicks als auch zur Überforderung der befragten Personen. Aus diesem Grund kann das vollwertige faktorielle Design nur für kleine und überschaubare Problemstellungen verwendet werden [Bliemer & Rose, 2009, S. 508 f.].

Das teilfaktorielle Design ist praktikabler, da nur eine Teilmenge der möglichen Situationen für die Wahl herangezogen wird. Die Möglichkeiten können entweder zufällig oder anhand von Designs bestimmt werden, die ein Gleichgewicht in der Darstellung der einzelnen Möglichkeiten gewährleisten [Bliemer & Rose, 2009, S. 509].

Zur Generierung eines optimalen Designs gibt es unterschiedliche Meinungen und Forschungszugänge. Huber und Zwerina [1996] formulieren Merkmale, die in den letzten Jahren als Standard herangezogen wurden:

1. Gleichgewicht der Attributausprägungen:
Die Ausprägungen treten in jedem Choice Set mit derselben Häufigkeit auf.
2. Orthogonalität:
Die Attributausprägungen korrelieren nicht. Um dies zu erreichen, können vorgefertigte Kombinationsmuster eingesetzt werden.
3. Minimale Überlappung:
Für jede Wahl ist die Wiederholung einer Attributausprägung minimiert.
4. Ausgeglichenheit im Nutzen:
Die Möglichkeiten innerhalb eines Choice Sets sollten nahezu die gleiche Attraktivität für die befragten Personen besitzen.

Olaru et al. [2011] sehen Designs, die nach den angeführten Merkmalen generiert werden, als wenig effizient. Ging es bisher darum mit geringem Aufwand das Maximum an Informationen herauszuholen, so zielen die neuesten Designs auf die Minimierung von Standardfehlern ab, um die Effizienz zu erhöhen (siehe Kapitel 3.8.2.).

3.8.1 Orthogonal Design

Orthogonalität bedeutet, dass die Attributausprägungen unabhängig von den anderen Eigenschaftsausprägungen gewählt werden, sodass jede Wirkung einer Eigenschaft unabhängig gemessen werden kann [Sammer, 2008, S. 20]. Damit ermöglicht das orthogonale Design eine ausgewogene Wahl der Attribute und deren Ausprägungen. Als Voraussetzung gilt, dass keine Korrelationen zwischen den Attributen und den Ausprägungen bestehen [Bliemer & Rose, 2009, S. 509 f.].

Tabelle 2: Orthogonal Design: drei Attribute (A, B, C) und zwei Ausprägungen (-1,1) [Bliemer & Rose, 2009, S. 510]

s	A	B	C	AB	AC	BC	Korrelations-Matrix			
1	-1	-1	-1	1	1	1		A	B	C
2	-1	1	1	-1	-1	1	A	1	0	0
3	1	-1	1	-1	1	-1	B	0	1	0
4	1	1	-1	1	-1	-1	C	0	0	1
				$\Sigma=0$	$\Sigma=0$	$\Sigma=0$				

Um die Anzahl der Möglichkeiten zu reduzieren, wird das Orthogonal Design meist in kleinere Abschnitte geblockt. Dabei ist nicht jeder Block, sondern nur die Kombination aus allen Blöcken, orthogonal. Die Blockung sorgt für ausgeglichene Attributsausprägungen in jedem Abschnitt, damit die befragten Personen nicht einseitige Werte präsentiert bekommen. Die Blöcke werden in der Regel durch die Verwendung von einer zusätzlich nicht korrelierenden Spalte festgelegt. Dabei ist die Anzahl der Attributausprägungen gleich der Anzahl der Blöcke (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3: Blockung eines orthogonalen Versuchsplans [Bliemer & Rose, 2009, S. 511]

s	A	B	C	Block
1	-1	1	1	1
2	0	-1	0	1
3	1	0	-1	1
4	-1	0	0	0
5	0	1	-1	0
6	1	-1	1	0
7	-1	-1	-1	-1
8	0	0	1	-1
9	1	1	0	-1

Aus der Abbildung geht hervor, dass das Design für die Attribute A, B und C orthogonal ist. Dies gilt auch für die geblockte Spalte, die zu allen anderen Spalten orthogonal ist.

Das orthogonale Design mit neun Wahlsituationen ist in drei Blöcke unterteilt. Damit werden die befragten Personen nur mit drei Wahlsituationen konfrontiert, wobei die Ausgewogenheit in den Attributausprägungen in jedem Block gewährleistet wird.

Die Sinnhaftigkeit des Designs ist begrenzt, wenn bestimmte Kombinationen von Eigenschaftsausprägungen unrealistisch sind [Sammer, 2008, S. 20]. Weiters gilt es zu bedenken, dass im Fall von fehlenden Rückmeldungen (non-response) die Daten nicht mehr orthogonal sind [Bliemer & Rose, 2009, S. 512].

Die Orthogonalität hat keinen Bezug zu wünschenswerten Eigenschaften von Modellen, die für die Analyse von Stated Preference Daten (z.B. Logit- und Probit-Modelle) herangezogen werden. Während die Orthogonalität ein wichtiges Kriterium für die Bestimmung unabhängiger Effekte in geradlinigen Modellen ist, gilt es darauf hinzuweisen, dass diskrete Entscheidungsmodelle nicht linear sind [Train, 2003]. Bei diskreten Entscheidungsmodellen ist die Korrelationsstruktur nicht von allzu großer Bedeutung. Im Hinblick auf die Herleitung der Modelle sind es die Korrelationen der Unterschiede zwischen den Attributen, die von Bedeutung sind [Bliemer & Rose, 2009, S. 512 f.].

3.8.2 Efficient Design

Die aktuellen „State of the Art“-Design-Prinzipien orientieren sich zugunsten der Effizienz immer weniger an den Standards der Orthogonalität, Balance und Vermeidung der Dominanz [Olaru et al., 2011, S. 1]. Ein Design ist (bei derselben Anzahl an befragten Personen) effizienter, wenn es Daten generieren kann, mit denen die Parameter mit einer größeren Zuverlässigkeit (d.h. mit kleineren erwarteten Messfehlern) geschätzt werden können [Rose & Hensher, 2006b, S. 20].

Im Gegensatz zu orthogonalen Designs versucht man mit sogenannten Efficient Designs nicht die Korrelationen zwischen den Daten zu minimieren, sondern sie zielen auf die Generierung von Parameterschätzungen mit möglichst geringen Standardfehlern ab. Das Ziel ist eine stabile und zuverlässige Parameterschätzung im faktoriellen Design [Bliemer & Rose, 2009, S. 513].

Das Efficient Design macht sich den Umstand zunutze, dass die Varianz-Kovarianz-Matrix (AVC-Matrix) der Parameter abgeleitet werden kann, wenn sie bekannt ist. Da Stated Preference Experimente darauf abzielen, die Parameter zu schätzen, ist diese Vorgangsweise nur dann möglich, wenn Vorinformationen zu möglichen Einflussfaktoren vorliegen. Dabei können bestehende Parameterwerte aus Literatur oder Pilotstudien herangezogen werden [Rose & Hensher, 2006, S. 21]. Durch die Bestimmung der AVC-Matrix und einige Vorinformationen über die Parameterschätzungen kann der Standardfehler vorhergesagt werden [Bliemer & Rose, 2009, S. 513].

Die asymptotische Varianz-Kovarianz-Matrix Ω_N bezieht sich auf die Stichprobe N , wobei jeder Teilnehmer mit S Wahlsituationen konfrontiert wird. Die AVC-Matrix hängt generell vom experimentellen Design $X = [X_n]$, dem Parameterwert β und den Ergebnissen der Umfrage $Y = [y_{jsn}]$ ab. Der Wert y_{jsn} entspricht Eins, wenn der Befragte n die Alternative j in der Wahlsituation s wählt, ansonsten gilt der Wert Null. Ab dem Zeitpunkt, zu dem der Parameterwert β unbekannt ist, werden vorangehende Parameterwerte $\tilde{\beta}$ im Sinne von bestmöglichen Schätzungen herangezogen [Bliemer & Rose, 2009, S. 514].

Die AVC-Matrix ist die negative Inverse der erwarteten Fisher-Information-Matrix [Train, 2003]. Letztere ist gleich der zweiten Ableitung der log-likelihood-Funktion [Bliemer & Rose, 2009, S. 514]:

$$\Omega_N(X, Y, \tilde{\beta}) = -[E(L_N(X, Y, \tilde{\beta}))]^{-1} = - \left[\frac{\partial^2 L_N(X, Y, \tilde{\beta})}{\partial \tilde{\beta} \partial \tilde{\beta}'} \right]^{-1} \quad (25)$$

Dabei ist $I_N(X, Y, \tilde{\beta})$ die Fisher-Information-Matrix mit n Befragten und $L_N(X, Y, \tilde{\beta})$ die log-likelihood-Funktion im Fall von N Befragten.

$$L_N(X, Y, \tilde{\beta}) = \sum_{n=1}^N \sum_{s=1}^S \sum_{j=1}^J y_{jsn} \log P_{jsn}(X, \tilde{\beta}) \quad (26)$$

Diese Formulierung gilt für jeden Modelltyp (MNL, NL oder ML), nur die Auswahlmöglichkeiten $P_{jsn}(X, \tilde{\beta})$ sind unterschiedlich [Bliemer & Rose, 2009, S. 514].

Die AVC-Matrix kann sowohl über die Monte Carlo Simulation als auch analytisch bestimmt werden. Im Fall der Simulation wird eine Stichprobengröße N generiert und die Parameter basierend auf nachgeahmten Wahlentscheidungen geschätzt. Dabei werden die beobachteten Nutzen anhand von bestehenden Parameterschätzungen und unbeobachteten Nutzen stichprobenartig bestimmt. Die Wahl der Alternative erfolgt nach dem höchsten Nutzen für den Teilnehmer. Die Schätzungen liefern Ergebnisse für die Varianz-Kovarianz-Matrix. Der Vorgang wird mehrere Male wiederholt, wobei der Durchschnitt die AVC-Matrix ergibt [Bliemer & Rose, 2009, S. 515].

Die analytische Bestimmung führt auf den Ansatz McFaddens [1974] zurück, bei dem die AVC-Matrix für MNL-Modelle mit allen generischen Parametern bestimmt werden kann. In diesem Fall wird die zweite Ableitung der log-likelihood-Funktion in Gleichung (26) bestimmt und analytisch evaluiert. Bisher wurden die Ergebnisse kritisch betrachtet, da der Ergebnisvektor Y ein Teil der log-likelihood-Funktion ist. Dagegen spricht, dass die Ergebnisse Y wegfallen, wenn die zweite Ableitung im Fall des MNL-Modells herangezogen wird. Diesen Ansatz haben McFadden [1974] für Modelle mit allen generischen Parametern und Rose & Hensher [2006b] für Modelle mit alternativ-spezifischen Parametern bzw. Kombinationen durchgeführt. Weiters hat Bliemer & Rose [2009] analytische Ausdrücke für die zweite Ableitung des NL-Modells herangezogen. Dabei fallen die Ergebnisse zwar nicht weg, aber sie können durch Wahrscheinlichkeiten ersetzt werden, die zur selben AVC-Matrix führen wie bei der Monte Carlo Simulation. Obwohl es mehr Aufwand ist, kann die zweite Ableitung für das ML-Modell herangezogen werden und ein ähnliches Verfahren gilt für das Eliminieren des Ergebnisvektors Y [Sándor & Wedel, 2002]. Grundsätzlich wird ein ML-Modell immer Simulationen verlangen, wenn davon ausgegangen wird, dass die Parameter zufällig sind und die dafür erwarteten Wahrscheinlichkeiten näherungsweise simuliert werden müssen. Diese Simulationen haben jedoch keinen Zusammenhang mit den Simulationen für die Bestimmung der AVC-Matrix.

Ω_N kann ohne Simulationsergebnisse Y bestimmt werden, daher verschwindet die Abhängigkeit von Y in Gleichung (26). Im Spezialfall, dass alle befragten Personen dieselbe Wahlsituation präsentiert bekommen, gilt bei $X_n = X$ für alle n [Rose & Bliemer, 2006a]:

$$I_N(X, \tilde{\beta}) = N \cdot I_l(X, \tilde{\beta}) \text{ daher } \Omega_N(X, \tilde{\beta}) = \frac{1}{N} \Omega_l(X, \tilde{\beta}) \quad (27)$$

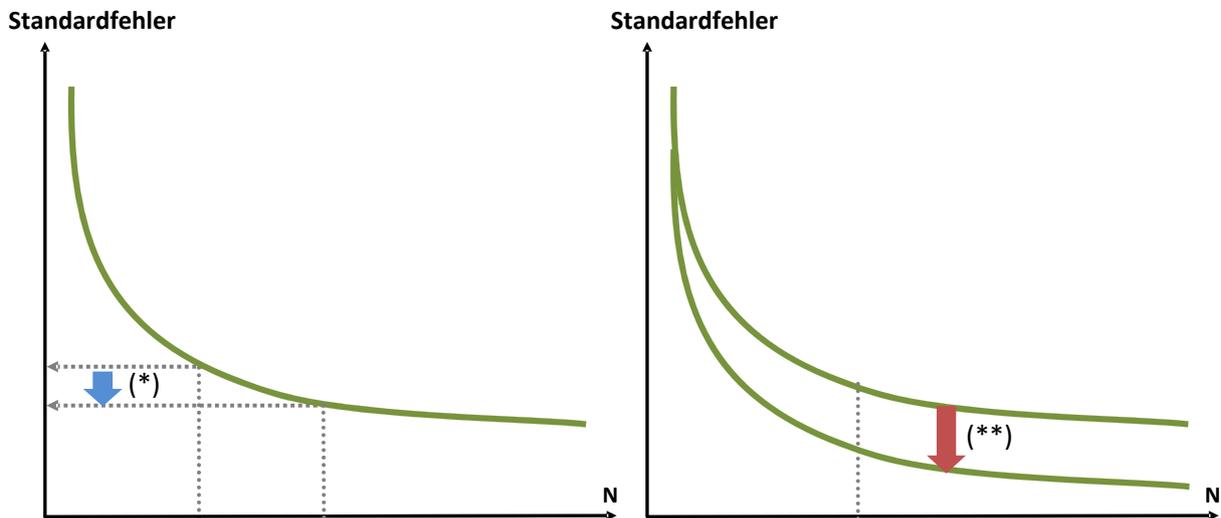


Abbildung 6: Efficient Design: asymptotischer Standardfehler als Funktion der Stichprobengröße

Dabei stellen I_l und Ω_l die Fisher-Informations-Matrix und AVC-Matrix im Fall eines befragten Teilnehmers dar.

Die AVC-Matrix des Stichprobenumfangs n kann direkt von der AVC-Matrix eines einzelnen Befragten mit dem Wert $1/N$ abgeleitet werden. Das bedeutet, dass die Auswirkungen der Stichprobengröße auf das Design leichter untersucht werden können. Die asymptotischen Standardfehler sind die Wurzeln der Diagonale der AVC-Matrix, aus diesem Grund wachsen diese Fehler mit dem Faktor $1/\sqrt{N}$ des Stichprobenumfangs N . Das wird in Abbildung 6 für einen einzelnen Parameter dargestellt. Damit wird deutlich, dass der Standardfehler bei steigendem Stichprobenumfang nur mehr schwach abnimmt. Im Hinblick auf die Stichprobengröße bedeutet das, dass eine größere Anzahl an Befragungen nicht zu signifikant besseren Parameterschätzungen führt. Dies wird in Abbildung 6 durch (*) verdeutlicht. Aus Abbildung 6 geht weiters hervor, dass ein Design mit höherer Effizienz (Versuchsplan mit Attributausprägungen X_{II} anstatt X_I) zu einer signifikanten Verringerung des Standardfehlers (**) führt [Bliemer & Rose, 2009, S. 516]. Diese Erkenntnis zeigt, dass man bei der richtigen Wahl des Designs viel Geld für die Erhebung einer größeren Stichprobe sparen kann und sich die Ergebnisse für die Parameterschätzung trotzdem nicht deutlich verschlechtern. Viel mehr kann man mit dem Design den Standardfehler erheblich reduzieren.

3.8.3 Vergleich unterschiedlicher Versuchspläne

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die unterschiedlichen experimentellen Designs im Hinblick auf diskrete Entscheidungsmodelle:

Tabelle 4: Vergleich unterschiedlicher Versuchspläne

Vollwertig faktorieller Versuchsplan	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Der Versuchsplan beinhaltet alle möglichen Kombinationen von Attributsausprägungen. • Das Design ermöglicht die Abschätzungen aller Haupteffekte und Wechselwirkungen. • Das vollwertig faktorielle Design lässt eine einfache und übersichtliche Aufstellung des Versuchsplans zu. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durch das vollwertig faktorielle Design entstehen zu viele Fragestellungen, die zur Unübersichtlichkeit führen. • Die Kombinationen können sinnlose Wahlsituationen ergeben. • Das Design kann keine Nicht-Linearitäten erfassen.
Orthogonaler Versuchsplan	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Die Orthogonalität setzt voraus, dass keine Korrelationen zwischen den Attributsausprägungen bestehen. • Der Versuchsplan ermöglicht die Verwendung des teilfaktoriellen Designs, bei dem nur ein Teil der Wahlsituationen herangezogen wird. • Das Design ermöglicht eine ausgewogene Wahl der Attribute und deren Ausprägungen. 	<ul style="list-style-type: none"> • Durch das Design entstehen zu viele Fragestellungen, wobei die Anzahl der Wahlsituationen nicht frei gewählt werden kann. Dieses Problem kann anhand von Blockungen gelöst werden. • Es besteht die Möglichkeit, dass kein orthogonales Design gefunden wird. • Die Kombinationen können sinnlose Wahlsituationen ergeben. • Im Fall von non-response-Situationen sind die Daten nicht mehr orthogonal. • Die Orthogonalität ist ein wichtiges Kriterium für die Bestimmung unabhängiger Effekte in linearen Modellen. Sie ist keine Grundvoraussetzung für diskrete Entscheidungsmodelle, da diese nicht-linear sind.
Effizienter Versuchsplan	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Der effiziente Versuchsplan zieht nur einen Teil der Wahlsituationen heran (teilfaktorielles Design). • Er ermöglicht eine freie Wahl der Anzahl von Wahlsituationen. • Sinnlose Wahlsituationen können vermieden werden. • Es besteht die Möglichkeit kleinere Versuchspläne zu generieren. • Die Reliabilität der Parameterschätzungen kann verbessert werden. • Der effiziente Versuchsplan ermöglicht eine stabile und zuverlässige Parameterschätzung im faktoriellen Design. 	<ul style="list-style-type: none"> • Grundsätzlich besteht keine Orthogonalität. Sie ist keine Voraussetzung für diskrete Entscheidungsmodelle. • Bestehende Parameterschätzungen bilden die erforderlichen Grundlagen für das Design. • Das Design beansprucht mehr Rechenleistung.

3.9 Designkonstruktionen

Nach Brocke [2006, S. 82] ist das Ziel der Designkonstruktion die Aufgaben so zu wählen, dass die Präferenzparameter in den einzelnen experimentellen Bedingungen mit einer hohen Genauigkeit geschätzt werden können. In weiterer Folge soll analysiert werden, ob sich die Fehlervarianzen oder die Skalierung der Präferenzparameter in Abhängigkeit von den Routenmerkmalen unterscheiden.

In der vorliegenden Studie wird davon ausgegangen, dass die Ausprägungen der Attribute keinen Einfluss auf die Fehlervarianz des Wahlverhaltens haben. Weiters wird eine Nutzenneutralität des Designs angenommen.

3.9.1 Design zur Modellierung von Mobilitätsverhalten

Die Grundlage für die Modellierung von Mobilitätsverhalten bilden die Einflussfaktoren wie in Kapitel 2.6 beschrieben. Die subjektiven und objektiven Komponenten wirken sich unter anderem auf die Wahl des Verkehrsmittels oder die Zahlungsbereitschaft aus. Für die Modellierung des Mobilitätsverhaltens werden in der Literatur vermehrt die Komponenten Zeit, Routenwahl, Kosten und Verkehrsmittelwahl herangezogen.

3.9.1.1 Zeit

Der Faktor Zeit wird in der Literatur vielfältig behandelt, je nachdem, in welcher Situation sich die Verkehrsteilnehmer befinden und welche Präferenzen sie hegen, wird der Zeitfaktor unterschiedlich bewertet. Die Reisezeit erreicht die höchste Wertigkeit, wenn Komponenten einfließen wie dringende persönliche Reisen, unerwartete Verzögerungen oder der Fall, dass Reisen bereits bezahlt sind [Victoria Transport Policy Institute, 2011].

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts „Mobility Pricing“ weisen auf die Tatsache hin, dass die Reisezeit die wichtigste Einflussvariable im Wahlverhalten von Verkehrsteilnehmern ist [Vrtic et al., 2011]. König & Axhausen [2002, S. 16] ziehen die Verlässlichkeit als zeitliche Variable für Wahlentscheidungen heran. Prashker [1979] konzentriert sich, wie die meisten anderen frühen Studien, auf die tägliche Variabilität der Reisezeit. Diese tägliche Varianz beschreibt auch eines der wichtigsten Merkmale der Verlässlichkeit. Es ist die zufällige und unabhängige Veränderung der Reisezeit. Dabei ist als Normalfall oder Mittelwert nicht zwingend die Reisezeit im unbelasteten System zu sehen. Diese Referenzzeit bezieht sich immer auf den durchschnittlichen Systemzustand zu vergleichbaren zeitlichen Situationen, denn die verlängerte Reisezeit im morgendlichen Berufsverkehr gegenüber einer nächtlichen Fahrzeit bietet trotzdem eine verlässliche, wenn auch längere Reisezeit. Die Verlässlichkeit verringert sich erst dort, wo der Reisende nicht mit Bestimmtheit seine exakte Ankunftszeit vorhersagen kann.

König [2004] bezieht sich in seiner Auseinandersetzung auf die Verlässlichkeit und geht dabei auf die Interaktion der Verspätungsdauer und der Elastizität der Verspätungswahrscheinlichkeiten in der Schweiz ein. Dem gegenüber steht der Wert der Pünktlichkeit, der einen wesentlichen Beitrag zur Meinungsfindung gegenüber dem Themenbereich Road Pricing liefert.

Die Schweizer Studie zeigt, dass die Zeitwerte vom Einkommen, der zurückgelegten Distanz und dem Fahrtzweck abhängig sind [Vrtic et al., 2007]. Weiters kann festgehalten werden, dass bei steigenden Kosten der Wert der Zeit sinkt. Im Fall einer längeren Reisezeit steigt die Wertigkeit [Vrtic et al., 2011].

3.9.1.2 Routenwahl

Die Hintergründe der Verkehrsteilnehmer zur Routenwahl sind sowohl für die langfristige Verkehrsplanung als auch für die kurzfristige Steuerung von Straßennetzen von besonderer Bedeutung [Friedrich, 2011].

Für welche Routen sich die Verkehrsteilnehmer entscheiden, hängt von unterschiedlichen Faktoren, wie Reisezeit, Kosten und Reisekomfort, ab.

Im Hinblick auf die Abhängigkeit des Kostenfaktors kann festgehalten werden, dass die Änderung in der Routenwahl dann attraktiv ist, wenn Ausweichmöglichkeiten mit geringeren Gesamtkosten vorhanden sind [Bock et al., 1997]. Dieser Fall stellt sich ein, wenn Gebühren umgangen werden können oder die Fahrt mit den öffentlichen Verkehrsmitteln günstiger erscheint. Geht es darum eine gleichmäßige räumliche Verteilung des Verkehrs zu bewirken, so gilt es die Preise auf den einzelnen Routen entsprechend zu differenzieren [Bock et al., 1997].

Betrachtet man die Routenwahl unter dem Aspekt der Zuverlässigkeit, so kann folgender Zusammenhang formuliert werden: Je unzuverlässiger die Route ohne Mobility Pricing ist, umso häufiger wird die Route mit Mobility Pricing gewählt [Vrtic et al., 2011].

3.9.1.3 Kosten

Allgemein betrachtet können die Fahrtkosten nicht unabhängig von Faktor Zeit betrachtet werden. Vrtic et al. [2006b] weisen auf den Zusammenhang hin, dass ein Verkehrsteilnehmer für eine Stunde eingesparte Reisezeit eher bereit ist mehr Treibstoffkosten auf sich zu nehmen als Mautgebühren zu bezahlen. Eine genauere Analyse zeigt, dass Maut und Parkgebühren doppelt so schlecht bewertet werden wie Treibstoffkosten. Mit steigendem Einkommen sowie steigender Reisezeit werden zusätzliche Kosten weniger negativ beurteilt. Das gleiche gilt für die zusätzliche Reisezeit bei steigenden Kosten [Vrtic et al., 2011].

Im Hinblick auf die Kostenzusammensetzung kann festgehalten werden: Unterscheiden sich die Kosten in Bezug auf Treibstoff, Maut und Parkgebühr und werden sie mit jenen des öffentlichen Verkehrs verglichen, so verändert sich auch die Zahlungsbereitschaft der Verkehrsteilnehmer in Abhängigkeit von der Kostenhöhe.

Welche Verhaltensänderungen jedoch tatsächlich stattfinden, ist vor allem von den Strukturen und Modellen des Mobility Pricings und der Höhe der Entgelte abhängig [Vrtic et al., 2011].

3.9.1.4 Verkehrsmittelwahl

Aufgrund unterschiedlicher Preise kann eine veränderte Zeit- oder Routenwahl der Verkehrsteilnehmer auftreten. Auf diesem Weg kann sich Mobility Pricing auf die Lenkung der Verkehrsmittelwahl beziehen. In Singapur etwa bewirkte die Implementierung der Straßenbenutzungsgebühren eine Nutzung der öffentlichen Verkehrsmittel von über 60%. Die Lenkung der Verkehrsmittelwahl kann intermodal erfolgen (z.B. veränderte Verkehrsmittelwahl durch höhere Preise für die Autonutzung) oder indirekt dadurch entstehen, dass mit veränderten Finanzierungsmöglichkeiten Angebotsveränderungen vorgenommen werden, die auf das Verkehrsverhalten einwirken. Als Beispiel kann die veränderte Verkehrsmittelwahl durch ein besseres ÖV-Angebot, welches durch Mauteinnahmen finanziert wird, genannt werden [Roth, 2009].

3.9.2 Variablen, Ausprägungen und Zusammenstellung von Alternativen

Im Hinblick auf die Anforderungen an Variablen und Parameter der Modellierung des Verkehrsverhaltens bezieht sich Sammer [1982, S. 20] vor allem auf die logischen und plausiblen Ursache-Wirkungszusammenhänge zur endogenen Variable. Grundsätzlich sollen die Modellvariablen untereinander unabhängig sein, damit bestehende Zusammenhänge ausgeschlossen werden können.

Der Grundgedanke für die Auswahl der Variablen bezieht sich auf die Tatsache, dass sich die Teilnehmer im Fall von Entscheidungen in Verkehrssituationen mit unterschiedlichen reisespezifischen Komponenten beschäftigen müssen. Mit der Wahl der Attribute wird auch die Beschreibung der Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln eingeschränkt. Sie beziehen sich nur auf die Gesamtreisezeit, die Gesamtkosten und die Verlässlichkeit. Die Wahl der Attribute basiert sowohl auf Vorerhebungen als auch auf Literaturrecherche und zielt auf die elementaren Eigenschaften des Verkehrsbetriebs ab. Durch die Eingrenzung wird von erweiterten Eigenschaften, wie der Umsteigehäufigkeit oder Geh- und Wartezeiten, abgesehen [vgl. Vrtic et al., 2007; Knapp, 1998, S. 165].

3.10 Diskretes Entscheidungs-Experiment

Ein diskretes Wahlexperiment werden hypothetische Wahlentscheidungen von Probanden analysiert. Die Grundlage dazu bilden angegebene Präferenzen oder offenbare Präferenzen (siehe Kapitel 3.7). Der Stated Preference Ansatz ermöglicht eine flexible Gestaltung des Entscheidungskontextes und eine Präzisierung der Fragestellung [Louviere et al., 2000]. Zuerst wird das Untersuchungsobjekt definiert, aus dem die Attribute und deren Ausprägungen hervorgehen. Daraus werden in weiterer Folge die Wahlsituationen generiert.

4 Empirische Studie

Wie bereits in der Einleitung dargelegt, sind für die Entwicklung und den zielgerichteten Einsatz von verkehrspolitischen Maßnahmen aktuelle Daten zum Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer von zentraler Bedeutung. Die vorliegende Studie beschreibt ein Stated Preference Experiment, das die Präferenzen in der Verkehrsmittel- und Routenwahl der österreichischen Verkehrsteilnehmer anhand von Verhaltensparametern beschreibt. Dabei wird explizit auf den Berufs-, Freizeit- und Einkaufsverkehr in Österreich eingegangen.

Für eine möglichst realitätsnahe Modellierung der Verkehrsmittel- und Routenwahl wurden technische Hilfsmittel und ein eigens entwickeltes Softwaresystem herangezogen. Damit konnte eine teilstandardisierte Befragung mit personalisierten Elementen anhand von Echtzeitdaten durchgeführt werden.

Die Ergebnisse aus dem Stated Preference Experiment (siehe Kapitel 5) geben Auskunft über die einzelnen Einflussfaktoren auf das Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer im Hinblick auf Mobility Pricing Maßnahmen. Die Modellierung der Verhaltensänderungen beinhaltet die Schätzung einzelner Parameter, aus denen Informationen zur Zahlungsbereitschaft abgeleitet werden können. Durch die Modellgenerierung in Kapitel 5 wird die Stärke der Einflussfaktoren auf das Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer gemessen. Die verkehrsspezifische Wirkung kann mithilfe von Nutzenfunktionen nach dem Logit-Ansatz modelliert werden, indem die Parameter für das Wahlverhalten bei der Routen- und Verkehrsmittelwahl geschätzt werden.

Die Ergebnisse ermöglichen eine Beurteilung hinsichtlich Relevanz der einzelnen Einflussfaktoren und Angebotskomponenten auf die Routenwahl. Dabei werden aus empirischen Daten Funktionen entwickelt, die bei zukünftigen verkehrspolitischen und infrastrukturellen Entscheidungen aufgrund von prognostizierbaren Werten zum Tragen kommen.

Bevor in Kapitel 5 auf die Ergebnisse der Modellgenerierung eingegangen wird, beschreibt Kapitel 4 die Datenerhebung, die Erhebungsmethoden und die Stichprobe der repräsentativen empirischen Studie. Auch deskriptive Ergebnisse zum Mobilitätsverhalten (siehe Kapitel 4) und zu den Einstellungen der befragten Personen zu Mobility Pricing werden dargestellt (siehe Kapitel 0).

4.1 Konzeption und Struktur der vorliegenden Studie

Die Einführung von Mobility Pricing zwingt die Verkehrsteilnehmer sich bei ihren Entscheidungen mit einer weiteren Angebotskomponente zu beschäftigen. Welche Verhaltensänderungen stattfinden, ist vor allem von den Strukturen und Modellen des Mobility Pricings sowie von der Höhe der Entgelte abhängig. Weitere Einflussgrößen sind politische, räumliche und soziodemografische Merkmale sowie die Charakteristiken des Verkehrsangebots [Vrtic et al., 2011].

Um eine verlässliche Grundlage für Verkehrsprognosen und die Abschätzung der Nachfrageveränderungen bei Einführung eines Mobility Pricings zu schaffen, wurde eine Stated Preference Befragung durchgeführt. Die Auswertung der Daten erfolgte durch Modellannahmen. Dabei wurden die Parameter mittels Maximum Likelihood Methode geschätzt. Anhand der Ergebnisse konnte die Bedeutung des Mobility Pricings und anderer Einflussfaktoren, wie Reisezeit, Treibstoffkosten und Umsteigehäufigkeit, für Verkehrsentscheidungen (Routenwahl, Verkehrsmittelwahl und Wahl der Abfahrtszeit) quantifiziert werden. Aus den Modellschätzungen werden neben den Parametern auch die Nachfrageelastizitäten und die Zahlungsbereitschaft der

Verkehrsteilnehmer abgeleitet. Um eine bessere Abbildung der Realität für die hypothetischen Wahlalternativen der SPs zu bekommen, wurden diese auf Grundlage einer konkreten Routenwahl der befragten Personen bestimmt.

Die Daten der SP-Befragungen wurden auf unterschiedlichen Wegen erhoben: Neben der schriftlichen Befragung (über Post und Internet) wurde auch eine Face-to-Face-Erhebung mithilfe von Tablets durchgeführt, um die Interaktion und die Teilnahmebereitschaft zu erhöhen (siehe Abschnitt 4.2.1). Die Befragung stellt einen repräsentativen Querschnitt durch die Bevölkerung von Wien, Niederösterreich und der Steiermark dar. Die Daten der Verkehrsmittel- und Routenwahl wurden nach Berufs-, Freizeit- und Einkaufsverkehr unterschieden. Besonderheit der Studie ist die personalisierte interaktive Befragung, in der die vorgegebenen Wahloptionen auf den Wohnort und die persönliche Zielwahl des Teilnehmers abgestimmt wurden (siehe Kapitel 4.2.2). Somit basieren die empirischen Daten für die Parameterschätzung auf einer personalisierten, interaktiven Befragung in Österreich.

Neben dem SP-Experiment wurden die Einstellungen der befragten Personen zu Umweltschutz, Straßennutzungsgebühren und Verkehrsproblematiken (siehe Kapitel 4.2.3.3) sowie zu ihrem Mobilitätsverhalten (Kapitel 4.2.3.2) erhoben und ebenfalls in die Modellabschätzung als Parameter integriert.

Unterscheidung zwischen Berufs- und Freizeitverkehr

Der Fahrtzweck bildet als mögliche Einflussgröße auf das Entscheidungsverhalten von Verkehrsteilnehmern bzw. auf die Nachfrageelastizität den Ausgangspunkt der generierten Modellansätze. Als Grundlage wurden die Definitionen von Hopf et al. [1982, S. 16] bezüglich Berufs-, Einkaufs- und Freizeitverkehr herangezogen:

Der Berufsverkehr umfasst alle Fahrten zwischen Wohnung und Arbeitsstätte, für die Hin- und Rückfahrt innerhalb eines Zeitraumes von 24 Stunden liegen, jedoch nicht die von der Arbeitsstätte ausgehenden beruflich bedingten Fahrten innerhalb der Arbeitszeit.

Als Einkaufsverkehr werden alle Fahrten definiert, deren Zweck der Einkauf von Gütern und der Besuch von Ärzten, Behörden ua. ist.

Im Freizeitverkehr werden alle übrigen Fahrten erfasst. Hierzu zählen Ausflugsfahrten, Verwandten- und Bekanntenbesuche, Besuche kultureller Veranstaltungen, Fahrten in Ausübung eines Hobbys u. ä.

Die Anzahl der Fahrtzwecke ist im Vergleich zu anderen Mobilitätsstudien niedrig. Die Unterscheidung zwischen diesen drei Fahrtzwecken in den Modellkonzeptionen erlaubt jedoch die Quantifizierung davon abhängiger differentieller Wirkmechanismen im Hinblick auf das Routenwahlverhalten. Auf eine feinere Differenzierung der Verkehrszwecke (z.B. übliche Geschäftsfahrten) wurde verzichtet.

Da Einkaufsverkehr auch als eine Sonderform von Freizeitverkehr beschrieben werden kann, wurden diese beiden Fahrtzwecke in der Auswertung auch zu einer kombinierten Modellspezifikation zusammengefasst.

Bei der Befragung wurde in Abhängigkeit davon, ob die befragte Person angab, in einem Beschäftigungsverhältnis zu stehen und in Abhängigkeit von der Entfernung zwischen Wohnort und Arbeitsplatz (angegebene Wohnadresse, angegebene Arbeitsplatzadresse) die Strecke zum jeweiligen Ziel berechnet.

Eingangs wurde hierzu die Stichprobe in zwei Gruppen eingeteilt: (1) Personen, die in einem Beschäftigungsverhältnis stehen sowie (2) Personen, die arbeitssuchend, studierend oder pensioniert sind (in keinem Beschäftigungsverhältnis stehen). Strecken werden als Berufsverkehr gewertet, wenn der Teilnehmer in einem Beschäftigungsverhältnis steht und die Distanz zum Arbeitsort größer als zwei Kilometer ist. Bezieht sich die Erhebung auf den Freizeitverkehr, so entspricht der Teilnehmer der Gruppierung (2) bzw. (1), wenn der Arbeitsort zu nahe der Wohnadresse liegt (< 2km). Damit die Stichprobengröße hinsichtlich des Berufs- und Freizeitverkehrs annähernd gleich verteilt ist, schlägt das Computersystem zusätzlich bei jeder dritten berufstätigen Person ein Freizeitziel vor. Diese Personengruppe wird automatisch zur Strecke aus dem Freizeitverkehr analysiert. (Zur technischen Umsetzung siehe Kapitel 4.2.2.)

In Bezug auf die entsprechende Route werden webbasierte Informationen der Attribute Reisezeit, Reisekosten etc. herangezogen. Die Basis dazu liefern die Adresdaten des Wohnortes und des Arbeitsplatzes/Freizeitziels. Die Daten werden im Internet mittels Routenabfrage des öffentlichen Verkehrs (ÖV) in Verbindung mit lokalen Verkehrsbetrieben (Steirischer Verkehrsbund, Verbund Ostregion, ÖBB Scotty) generiert und mit dem standardisierten Fragebogen verknüpft. Dasselbe gilt für die Zusammenstellung der Alternativen hinsichtlich des motorisierten Individualverkehrs. Auch hier werden die Daten von Onlinediensten (Google Maps, etc.) abgerufen und mit dem interaktiven Fragebogen verbunden (Näheres siehe Kapitel 4.2.2).

Die Abstimmung der Auswahlmöglichkeiten auf die individuellen Routen der Teilnehmer bildet die Grundlage der personalisierten, standardisierten Fragebögen. Abbildung 7 fasst die Entwicklung und technische Umsetzung der personalisierten Fragebögen zusammen.



Abbildung 7: Entwicklung der personalisierten Fragebögen [Reiter & Fellendorf, 2012b]

4.2 Methodische Umsetzung - Datenerhebung

Die Daten zur Modellgenerierung (Kapitel 5) wurden mittels personalisierter Fragebögen erhoben, die im Anschluss quantitativ ausgewertet wurden. Nachdem in diesem Kapitel näher auf die Datenerhebung und Stichprobe der Studie eingegangen wird, werden die deskriptiven Ergebnisse des Mobilitätsverhaltens der befragten Personen und ihre Meinungen zu Mobility Pricing dargestellt. Dies dient als methodische und statistische Grundlage für die Modellgenerierung.

4.2.1 Erhebungsmethoden

Zur Datengenerierung wurden zum Einen persönliche mündliche Interviews mit Unterstützung von Tablets (iPads) durchgeführt (siehe Kapitel 1.2.1.1). Die befragten Personen hatten die Möglichkeit, das iPad selbst zu bedienen (*Computer Assisted Self Interview/CASI*), oder den Interviewer das iPad bedienen zu lassen (*Computer Assisted Personal Interview/CAPI*). Zum Anderen wurde eine schriftliche Befragung durchgeführt (siehe Kapitel 1.2.1.2). Die befragten Personen konnten sich entscheiden, ob sie an der Befragung webbasiert in Form von *Web Assisted Personal Interviews (WAPI)* oder an der *Paper-Pencil-Befragung (PAPI)* teilnehmen möchten. Abbildung 8 gibt einen Überblick über das System der Erhebungstechniken.

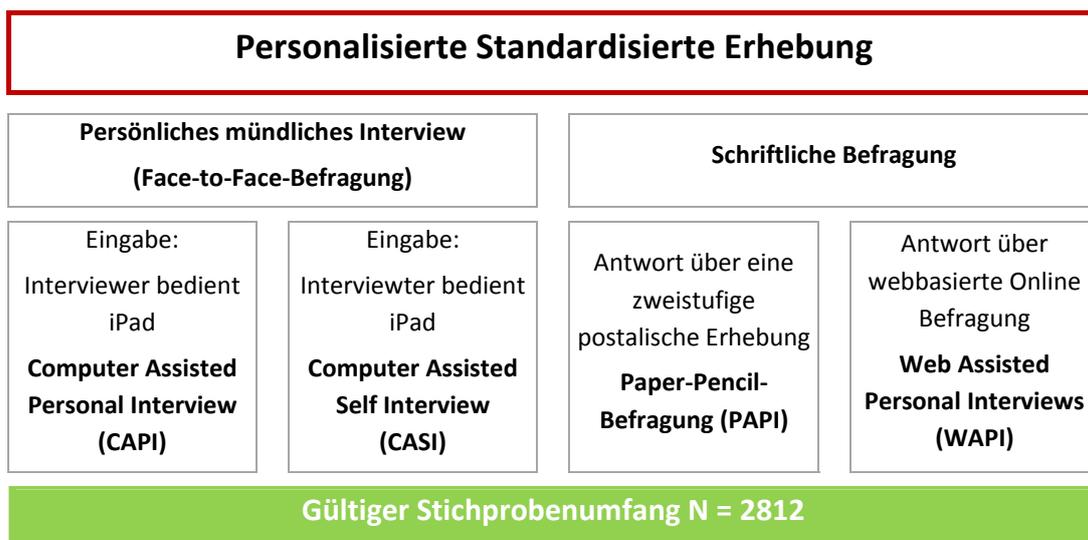


Abbildung 8: Erhebungsmix der eingesetzten Instrumente für die personalisierte Befragung

Trotz der unterschiedlichen Erhebungstechniken wurden dieselben Inhalte abgefragt. Dies gilt auch für das Stated Choice Experiment, bei dem alle Wahlmöglichkeiten vom selben Softwaresystem generiert wurden (zu den Ergebnissen des Stated Choice Experiments siehe Kapitel 5). Neben den Erhebungsmethoden im folgenden Abschnitt, wird die technische Umsetzung im Kapitel 4.2.2 beschrieben.

Pretest

Nach einer Pretest-Phase von 600 Befragungen wurde der Fragebogen überarbeitet und das System laufend weiter entwickelt. Vor allem die Einkaufs- und Freizeitziele wurden in dieser Phase laufend erweitert. Danach wurden zeitgleich die persönlichen mündlichen Befragungen sowie die schriftliche Erhebung durchgeführt.

4.2.1.1 Persönliche mündliche Befragung

Insgesamt wurden 1.610 Personen persönlich und mündlich befragt. Davon sind 1.200 Interviews an öffentlichen Plätzen (u.a. Parkanlagen, Haltestellen des Öffentlichen Verkehrs, Einkaufszentren und Straßen) und öffentlichen Einrichtungen in der Steiermark, Niederösterreich und Wien durchgeführt worden. Die Erhebungen fanden in ca. 100 Orten mit unterschiedlicher Einwohnergröße statt (zur räumlichen Verteilung der Studie siehe Kapitel 4.3.2).

Darüber hinaus wurden in 100 Firmen, die mindestens 50 Mitarbeiter haben, in der Steiermark, Niederösterreich und Wien Befragungen auf dem Firmengelände durchgeführt. Diese wurden per Zufallsprinzip aus dem Firmenverzeichnis der WKO ausgewählt, da dies einen Branchenmix und die Filterung nach Firmengröße ermöglicht. Auf dem Firmengelände wurden jeweils zwei bis fünf Freiwillige geschichtet nach Bildungsstand (Akademiker/Nicht-Akademiker), Alter und Geschlecht (entsprechend der österreichischen Gesamtbevölkerung) befragt (zur Schichtung der Studie siehe Kapitel 4.3).

Für die CAPI-Befragung wurden Tablet PCs (iPad) eingesetzt, dabei wurde die Bearbeitung des interaktiven Fragebogens vom Interviewer begleitet. Die Beantwortung der Fragen erfolgte je nach Proband autonom oder mit Hilfestellung der Interviewer. Die Befragung beinhaltet eine soziale Komponente, da zusätzlich zur Bedienung des technischen Hilfsmittels eine Interaktion zwischen Interviewer und der befragten Person stattfindet, die sich vor allem auf die Bedeutungsvermittlung der Inhalte bezieht [Gillhofer, 2010]

Im Anschluss an die Vorgabe des Fragebogens, der in Kapitel 4.2.3 näher erläutert wird, wurden die Personen zusätzlich zur Usability des iPads befragt. Die Ergebnisse dieser Befragung wurden in Reiter et al. [2012a] zusammengefasst.

Die GPS-Codierung der Fragebögen nach Uhrzeit und Ort ermöglichte die Datenerhebung zu überprüfen und gegebenenfalls aus Erhebungsfehlern oder Ungenauigkeiten resultierende Ausreißer aus der Analyse auszuschließen.

4.2.1.2 Schriftliche Befragung

Die Grundgesamtheit der schriftlichen Befragung basiert auf der Adressdatenbank der Marketing-Daten-CD Privat von Herold [Herold, 2012]. Aus dieser Datenbank konnten 2,6 Millionen Adressen in Wien, Niederösterreich, Burgenland, Steiermark und Kärnten gefiltert werden. Darüber hinaus war technisch die Filterung nach folgenden Zielgruppendaten möglich:

- Altersklasse
- Altersklasse Haushaltsvorstand
- Anzahl der Personen pro Haushalt
- Eine Person pro Haushalt (Frau bevorzugt)
- Eine Person pro Haushalt (Mann bevorzugt)
- Gebäudeart
- Haushaltstyp
- Kaufkraftklasse Haushalt
- Kinder im Haushalt
- Stellung im Haushalt

Die Daten waren jedoch nicht exportierbar, weswegen die gefilterten Daten händisch übertragen werden mussten. In dieser Studie wurden die Daten nach folgenden Kriterien gefiltert:

- Verschiedene Orte in Niederösterreich, Steiermark und Wien
- Alter (18 bis 70 Jahre)
- Vordefinierte Kaufkraftklassen
- Geschlecht, Familienstand (Familie/ledig)
- Akademischer Grad

Wie viele Adressen sich durch diese Filterung insgesamt ergeben, ist nicht bei der Ausgabe von der Herold Datenbank sichtbar. Die Adressenliste wurde zwar angezeigt, jedoch ohne eine Angabe der gesamten Anzahl. Aus dieser Adressenliste wurden 5.027 Personen zufällig ausgewählt und postalisch angeschrieben.

Die angeschriebenen Personen wurden darüber informiert, dass sie zufällig für die Mobilitätsumfrage der Technischen Universität Graz ausgewählt wurden. Die Aussendung weiterer Informationen wurde angekündigt und Kontaktdaten inklusive Internetadresse der Erhebung bereitgestellt.

In der Haupt-Aussendung (früheste Aussendung 13 Tage nach der ersten Informations-Aussendung), welche ein persönliches Anschreiben, einen Informationsflyer zur Erhebung, eine Datenschutzerklärung und eine Antwortkarte umfasste, wurden die ausgewählten Personen aufgefordert, an der Mobilitätserhebung mitzuwirken, eine Antwortkarte auszufüllen und diese unentgeltlich an die Technische Universität Graz zurückzuschicken, wenn sie den Fragebogen per Post zugeschickt bekommen möchten. Die Antwortkarte umfasste die Frage „Fahren Sie selbst mehr als 2x im Monat mit dem Auto?“ mit den Antwortkategorien „ja“ oder „nein“. Hat die befragte Person diese Antwort verneint, wurde sie aus der weiteren Analyse ausgeschlossen. Außerdem wurden die angeschriebenen Personen aufgefordert, auf der Antwortkarte ihre Wohn- und Arbeitsadresse sowie mögliche Ziele anzugeben, die sie mit dem Auto öfter besuchen (z.B. Geschäfte, Städte, Thermen, Freizeitparks), und die 15 bis 30 Minuten entfernt sind. Um die befragten Personen zur Teilnahme an der Befragung zu motivieren, wurden bei der Hälfte der ausgesendeten Briefe vier unterschiedliche Incentives im Wert von € 0,25 bis € 0,40 pro Stück mitgeschickt. Die Aufteilung erfolgte durch das Zufallsprinzip. Weiters wurde das Anschreiben in fünf verschiedenen Varianten versendet: jeweils ein Anschreiben mit männlichem, weiblichem sowie männlichem und weiblichem Unterzeichner mit unterschiedlicher akademischer Position. Die Formulierung wurde mit Hinweis auf die Dissertation durchgeführt und vom jeweiligen Verfasser unterzeichnet. Grundsätzlich sollte getestet werden, welchen Einfluss die Beigabe sowie die Anschreibeform auf die Teilnahmebereitschaft der Personen hat. Die Ergebnisse dazu sind im Abschnitt 4.2.4 beschrieben.

Erklärten sich die angeschriebenen Personen durch das Retournieren der Antwortkarte bereit, an der Erhebung mitzuwirken, wurde ihnen ein zehnteitiger standardisierter Fragebogen postalisch zugesendet, um diesen mit Stift und Papier auszufüllen und wiederum an die Technische Universität Graz zurückzuschicken (*Paper-Pencil-Interview/PAPI*).

Die Teilnahme über das Internet konnte ab Erhalt der ersten Aussendung, das war das Ankündigungsschreiben (Informationspostkarte), stattfinden. Um über das Internet an der Erhebung teilzunehmen, war das Zurückschicken der Antwortkarte nicht erforderlich. Die Verifizierung erfolgte über die Wohnadresse, welche die befragte Person eingeben musste. Der interaktive Fragebogen wurde direkt nach Eingabe der Internetadresse aufgerufen und die Dateneingabe über den eigenen

PC abgewickelt. Der Fragebogen wurde durch die Teilnehmer selbständig ohne Anleitung ausgefüllt (*Web Assisted Personal Interviews /WAPI*). Jeder Zugriff auf diese Internetseite wurde automatisch in einer Datenbank festgehalten und mit den Daten der postalischen Erhebung verglichen. Wurde der Fragebogen durch die gleiche Person per Post und Internet beantwortet, wurde ein Datensatz gelöscht. Die Anonymität der antwortenden Personen wurde durch eine verschlüsselte Speicherung des Datensatzes gewährleistet. Zwei Wochen nach der Haupt-Aussendung wurde ein Erinnerungsschreiben versendet, um die Rücklaufquote zu erhöhen (siehe Kapitel 4.2.4).

Abbildung 9 fasst den Prozess der Datengenerierung der schriftlichen Befragung grafisch zusammen. Anhang B zeigt den genauen Aufbau und Inhalt der Aussendungen, Fragebögen und exemplarische Wahlaufgaben.

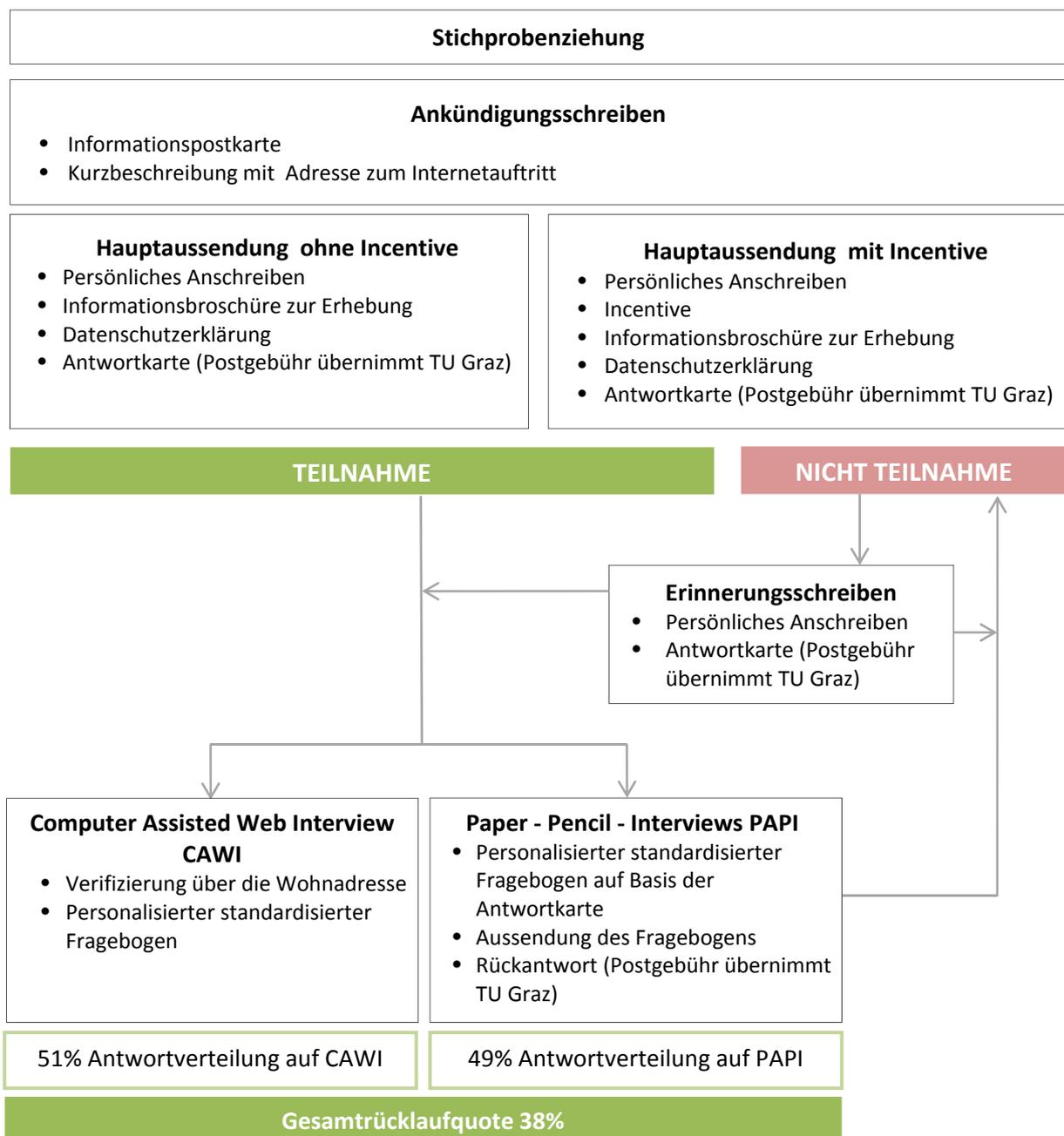


Abbildung 9: Prozess der Datenerhebung der schriftlichen Befragung

Die Rücklaufquote aus der Teilnahme beträgt rund 38% (siehe Kapitel 4.2.4.).

4.2.2 Aufbau und Funktion des Messinstruments

Die vorliegende Studie baut auf einem webbasierten Fragebogen, der zum Teil auch postalisch verschickt wurde, auf. Neben der Programmierung des interaktiven Fragebogens wurde im Sinne eines realitätsnahen Stated Choice Experiments ein Softwaresystem generiert, das auf Echtzeitdaten der einzelnen Attribute (Reisezeit für den Individualverkehr und öffentlichen Verkehr, Reisekosten, Ticketpreis, Treibstoffverbrauch und Reisedistanz) abzielt. In den folgenden Kapiteln wird auf die technische Umsetzung und das Softwaredesign näher eingegangen.

4.2.2.1 Technische Umsetzung

Während der Datenerhebung wurden im Hintergrund vielschichtige technische Funktionen abgerufen. Auf der Startseite der Erhebung im Internet und über das Tablet wurde die Zeit, im Tablet die GPS-Koordinaten und im Internet die IP-Adresse erfasst und automatisch in eine Datenbank eingetragen, wodurch die Datenerhebung kontrolliert werden konnte. Da viele Teilnehmer zum ersten Mal ein Tablet bedienten, wurde der interaktive Fragebogen benutzerfreundliche gestaltet [Reiter et al. 2012a]. Vor der eigentlichen Befragung wurde im Tablet eine Übung vorgeschaltet, bei der die befragten Personen ihr eigenes Automodell anhand von Bildern zuordnen sollten. So konnten die Teilnehmer lernen, mit dem Touchscreen umzugehen. Nachdem die befragte Person ihre Hauptbeschäftigung angegeben hat, wurden 70% der Berufstätigen automatisch dem Berufsverkehr und die restlichen 30% sowie die Nichterwerbstätigen dem Einkaufs- und Freizeitverkehr zugeordnet. Die dem Berufsverkehr zugeordneten Personen wurden nach ihrem Wohnort und ihrem Arbeitsplatz (jeweils Postleitzahl und Straße) befragt. Die Reisedistanz vom Wohnort zum Arbeitsplatz wurde im Hintergrund berechnet. War die Route zwischen Wohn- und Arbeitsplatz zu kurz oder gaben die Befragten an ohne Auto zur Arbeit zu fahren, wurden sie automatisch dem Einkaufs- und Freizeitverkehr zugeordnet. Die dem Einkaufs- und Freizeitverkehr zugeordneten Personen wurden nach ihrem Wohnort (Postleitzahl und Straße) sowie einem Point of Interest (POI) befragt. Hierfür wurden dreimal drei POIs durch das Programm in drei unterschiedlichen Entfernungsklassen, gesplittet nach Einkaufszielen und Freizeitzielen, generiert (zur Berechnung der POIs siehe folgendes Kapitel). Danach wurde eine Route für den motorisierten Individualverkehr (MIV) und den öffentlichen Verkehr (ÖV) im Hintergrund abgefragt. Die Routenabfrage für den MIV wurde mithilfe von Google Maps berechnet, die ÖV-Abfrage durch das Fahrplanauskunftsservice der öffentlichen Verkehrsunternehmen: Scotty – ÖBB, Steirischer Verkehrsverbund, Verkehrsverbund Ostregion und Wiener Linien.

Die gesammelten Eigenschaften der Routen (Reisezeit, Entfernung, Zonen etc.) wurden mit dem Versuchsplan verknüpft und in sechs Choice Sets (Wahlaufgaben) ausgegeben. Jedes Choice Set umfasste vier Routenalternativen, drei mit dem Auto (MIV) und eine mit dem öffentlichen Verkehr. Die befragten Personen hatten hierbei die Aufgabe, unter den vier angebotenen, die von ihnen bevorzugte Routenalternative anzugeben.

Im Anschluss wurden das Mobilitätsverhalten und die soziodemografischen Daten erfasst.

Bei der Erhebung mit Tablets wurden die Personen um ein Feedback der Tabletbedienung gebeten. Im Anschluss an die Erhebung über das Internet und das Tablet wurde abermals der Zeitstempel erfasst sowie bei der Erhebung über das Tablet die GPS-Koordinaten. Abbildung 10 gibt einen Überblick über die technische Umsetzung in Bezug auf den Aufbau des Fragebogens. Das Softwaredesign wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

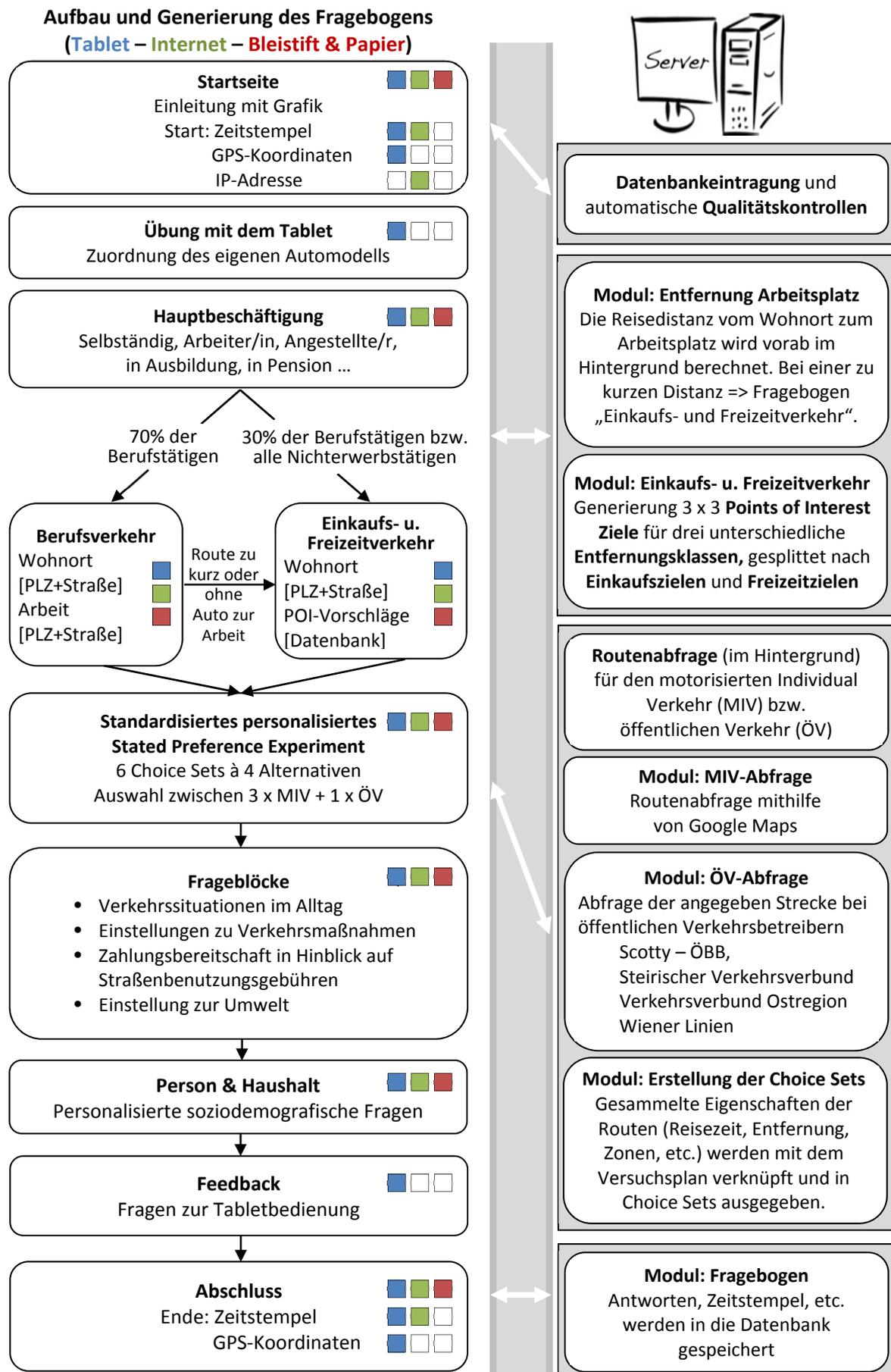


Abbildung 10: Untersuchungsdesign u. technische Umsetzung (Module) der Erhebung im Hintergrund [Reiter et al., 2012a]

4.2.2.2 Softwaredesign

Die technische Umsetzung der Befragung basiert auf einem Client-Server-Ansatz, der eine asynchrone Datenübertragung ermöglicht. Das Interview wird von einem Client-Operator gestartet, welcher die Startseite mit dem Client-Webbrowser aktiviert. Die Startseite wird auf dem Server mittels PHP generiert und dem Client als HTML-Dokument übermittelt.

Damit jedes Interview eindeutig identifiziert werden kann, wird serverseitig eine einmalige ID erzeugt. Sie ist zusammen mit einer Referenz-ID, welche einen Bezug zum Interviewer herstellt, in Form eines versteckten Wertes in das HTML-Dokument eingebettet. Für spätere Berechnungen der Dauer sowie für die Auswertung der geografischen Daten wird zusätzlich ein Startzeit-Stempel festgehalten. Struktur und technische Konzeption des Systems sind so gestaltet, dass genau ein HTML-Formular während des gesamten Interviews verwendet wird. Die Navigation zwischen den Interview-Seiten und den einzelnen Stufen sowie die Überprüfung von Eingaben und andere Aufgaben sind durch die dynamische Anwendung von JavaScript-Funktionen umgesetzt.

So wird etwa die Formular-Validierung jedes Mal aktiviert, wenn der Benutzer mit Formular-Elementen interagiert. Ebenso werden die Navigationstasten entsprechend aktiviert oder deaktiviert. An bestimmten Stellen und in gewissen zeitlichen Intervallen während des Interviews werden asynchrone Anfragen an den Server versendet, um die Formulardaten zu übermitteln und den aktuellen Datensatz zu generieren und zu erweitern.

Diese Methode hat mehrere Vorteile. Beispielsweise werden während der Interviewschritte keine Seiten neu geladen und die gesamten Interviewdaten entsprechen dem aktuellen Stand des bearbeiteten Formulars.

Bestimmte personalisierte Funktionen erfordern dynamische Generierung, Abfrage und Darstellung von Formularinhalten, wie Point of Interest-Empfehlungen oder Routenvarianten in Abhängigkeit von der eingegebenen Wohnadresse der befragten Person.

Dies wiederum wird durch asynchrone Anfragen an den Server umgesetzt. Dabei gibt die befragte Person die erforderlichen Routing-Daten (Adressen etc.) ein, die der Server erkennt und weiterverarbeitet, indem er entsprechende Methoden oder Routing-Schnittstellen aktiviert und HTML-Blöcke generiert, die dann zurückgesendet und dargestellt werden.

Routing Mechanismus

Die verschiedenen Varianten der Routen basieren auf den Adressen, welche von den befragten Personen angegeben wurden. Dies erfordert eine dynamische Berechnung der Routing-Daten zwischen zwei Punkten zum Zeitpunkt des Interviews. Die wichtigsten Faktoren der resultierenden Routing-Informationen sind die Distanz und die Dauer der gegebenen Strecke, die zudem eine Grundlage für die Berechnung von weiteren Komponenten der Variationen bilden. Für die Generierung von realistischen Streckenszenarien zieht der Server einerseits die Google Directions API für Informationen zu individuellen Routen und andererseits Funktionen zur Streckenberechnung von Websites regionaler öffentlicher Verkehrsbetriebe heran.

Point of Interest (POI)-Empfehlungen

Alternativ zur Eingabe einer Anschrift als Ziel für die später berechneten Routenvarianten kann der Anwender auch aus einer Reihe von Zielen wählen. Diese werden auf Basis der Heimatadresse der befragten Personen errechnet und liegen regional betrachtet in der Nähe (siehe Abbildung 11). Die

Empfehlungen setzen sich aus je 3 POIs in drei unterschiedlichen Entfernungskategorien (bis 7,5 km, 7,5 km – 20 km, über 20 km) zusammen. Damit stehen 3x3 Destinationen zur Auswahl.

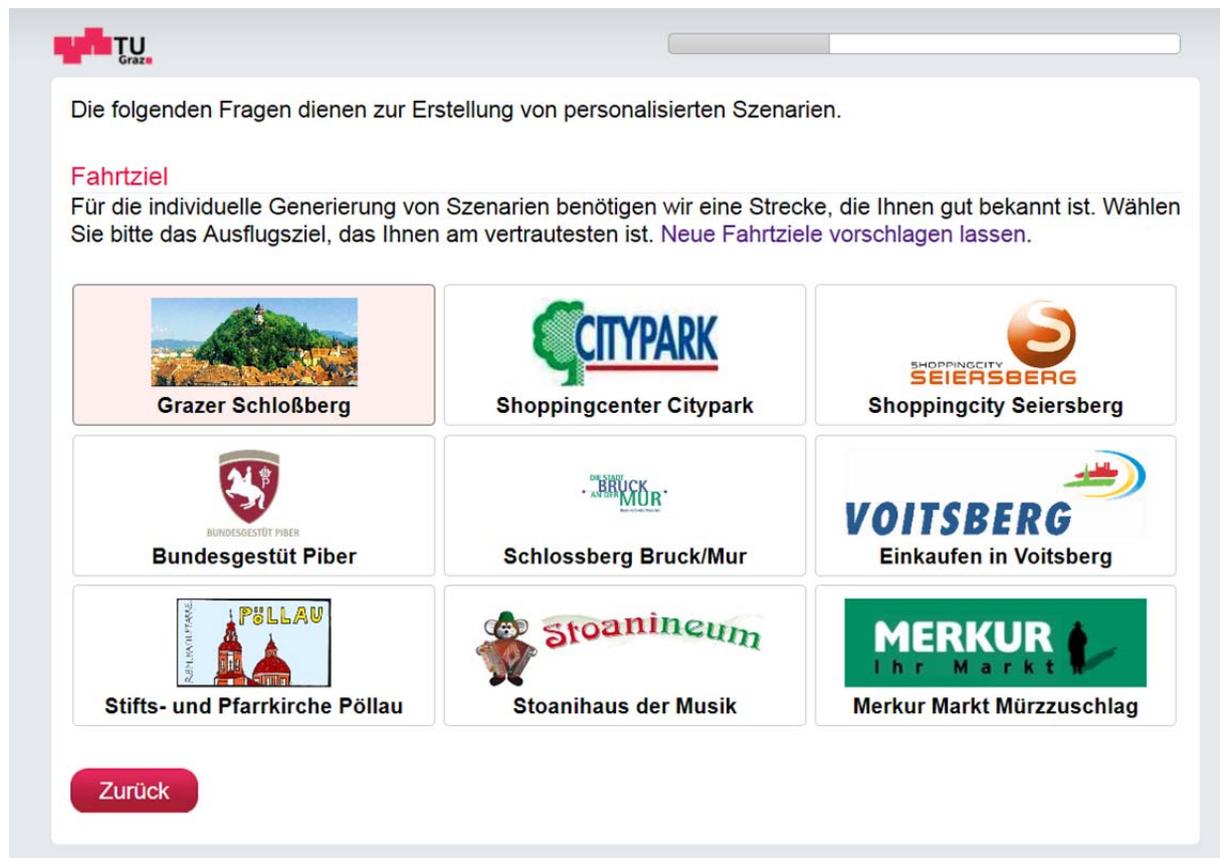


Abbildung 11: Beispiel von POI Auswahlmöglichkeiten

Die hohe Anzahl von Kombinationen der POI mit möglichen Postleitzahlen macht es unmöglich, den oben genannten Routing-Mechanismus für die Erstellung der Empfehlungen ad hoc zu verwenden, da dieser Schritt unzählige Anfragen von Routing-Schnittstellen erfordern würde. Um dieses Problem zu lösen, wurden 44.761 Postleitzahlenkombinationen vorab berechnet und in einer indizierten Datenbanktafel abgelegt. Anhand dieser Daten werden die POI-Empfehlungen mittels lokaler Datenbankabfragen durchgeführt, um die Eignung der Destinationen in Hinblick auf die Entfernungskategorien zu überprüfen. Sobald ein empfohlener POI durch den Benutzer ausgewählt wurde, ist die Routenberechnung gemäß dem beschriebenen Ablauf möglich.

Benutzeroberfläche

Um ein hohes Maß an Benutzerfreundlichkeit bei der Durchführung von Interviews auf mobilen Geräten mit berührungsempfindlichen Displays zu gewährleisten, waren spezielle Überlegungen zum User Interface Design erforderlich.

Dabei war der erste Schritt, die technische und grafische Umsetzung des Systems für das Apple iPad zu optimieren, damit eine einfache Bedienung des interaktiven Fragebogens sichergestellt werden konnte. Dies umfasste Anpassungen des Systems in Bezug auf Auflösung und spezielle Browser-Funktionen.

In Anbetracht der vom iPad verwendeten Touchscreen-Technologie wurde auch die Benutzeroberfläche so entworfen, dass große Bildschirm-Elemente zum einfachen Tippen verwendet

werden. Dafür wurden teilweise Standard-HTML-Formularelemente durch größere, leichter bedienbare Elemente ersetzt.

Des Weiteren sind freie Texteingabefelder durch Auswahlfelder und Drop-Down-Menüs ersetzt worden. Ziel war es, den Einsatz der On-Screen-Tastatur für die Texteingabe zu minimieren.

Für selbständige Interviews auf anderen Geräten wurden zahlreiche technische und grafische Anpassungen mit entsprechenden Fallback-Maßnahmen umgesetzt, um die Benutzerfreundlichkeit und Funktionalität auf mobilen und Desktop-Browsern zu optimieren [Reiter et al., 2012a]. Darüber hinaus werden maßgeschneiderte Druck-Stylesheets verwendet, um einzelne Seiten des interaktiven Fragebogens auszudrucken.

4.2.3 Befragungskonzept

Der Inhalt der Erhebung setzt sich aus vier Teilen zusammen. Neben den soziodemografischen Daten, der Erhebung des Mobilitätsverhaltens und einer Meinungsumfrage zu Mobility Pricing stand das Stated Choice Experiment im Mittelpunkt der Befragung.

4.2.3.1 Soziodemografische Daten

Da das Entscheidungsverhalten von soziodemografischen Bedingungen beeinflusst wird [Axhausen, 2003] und mögliche Abhängigkeiten überprüft werden sollen, wurden folgende soziodemografischen Daten der Person erfasst: derzeitige Berufstätigkeit, Berufsstellung, Geschlecht, Alter, Ausbildungsgrad, Haushaltsgröße, Kinder pro Haushalt, monatliches Nettoeinkommen pro Haushalt und pro Person (zu den einzelnen Antwortkategorien siehe Anhang B: Postalische Erhebung). Die Erhebung der soziodemografischen Daten dient einerseits der Überprüfung von Korrelationen im Entscheidungsprozess und andererseits der Schichtung der Stichprobe (zur Stichprobe siehe Kapitel 4.3.1). Welche soziodemografischen Daten als Parameter für die Modellgenerierung verwendet werden, wird in Kapitel 5 zur Modellgenerierung erläutert.

Darüber hinaus wird durch die Variable „Berufstätigkeit“, wie in Unterabschnitt 4.2.2.1 beschrieben, zwischen Berufs- sowie Einkaufs- und Freizeitverkehr unterschieden.

4.2.3.2 Mobilitätsverhalten

Die Teilnehmer wurden außerdem zur eigenen Motorisierung (Autobesitz, PKW-Typ, Motorleistung, ÖV-Ticket, Mitgliedschaft in Automobilclub) und dem Verkehrsverhalten (Jahresfahrleistung, gefahrene Kilometer pro Jahr) befragt. Diese Parameter werden in der Modellgenerierung als unabhängige Variablen herangezogen. Die deskriptiven Ergebnisse der Befragung werden in Kapitel 0 dargestellt.

4.2.3.3 Meinungsumfrage

Die Meinung der Teilnehmer zum Thema Mobility Pricing wurde ebenfalls erfasst. Dazu zählen folgende Themenbereiche:

- die Problembereiche bei der Straßennutzung im jeweiligen Bundesland
- die persönliche Meinung zu Straßenbenutzungsgebühren
- die persönlichen Konsequenzen bei der Einführung von Straßenbenutzungsgebühren
- der Umweltschutz

Diese thematischen Dimensionen wurden in einzelne Itembatterien zu je vier Items gegliedert. Die Ergebnisse aus dieser Untersuchung sind im Kapitel 4.5.1 beschrieben.

4.2.3.4 Stated Choice Experiment

Der zentrale Teil des Fragebogens stellte das diskrete Entscheidungs-Experiment dar. Um eine standardisiert personifizierte Befragung durchführen zu können, wurden die Wahlalternativen auf eine bekannte Route der Teilnehmer abgestimmt. Dazu gaben die befragten Personen ein individuelles Quelle-Zielpaar (Heimat- und Arbeitsadresse oder ein Freizeitziel) an.

Im Falle des Freizeitverkehrs wurde nur der Wohnort durch Postleitzahl und Straßennamen bestimmt. Zur Festlegung der Wegstrecke wurden Points of Interest (POIs) vorgeschlagen, welche durch nahegelegene Freizeit- und Einkaufsmöglichkeiten gebildet wurden.

Mit den Adresdaten wurden mittels webbasierten Programmen reale Basisdaten zu den Strecken erfasst und in vier verschiedene Wahlmöglichkeiten integriert. Die Teilnehmer hatten folgenden Auftrag:

„Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?“

Sie konnten zwischen vier Möglichkeiten wählen, die hinsichtlich der Komponenten Fahrzeit, Straßenart, Pünktlichkeit/Verspätung, Maut, Treibstoffkosten/Ticket und Gesamtkosten analysiert wurden. Abbildung 12 zeigt beispielhaft ein Entscheidungsszenario.

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:40	0:38	0:42	1:19	reine Fahrzeit
Straßenart	Autobahn	Landesstraßen	Landesstraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit Verspätung	gut bis 7 Minuten	gut bis 7 Minuten	sehr gut bis 2 Minuten	mittel bis 5 Minuten	Pünktlichkeit Verspätung
Maut	8.98 €	1.80 €	-	-	Maut
Treibstoff/Ticket	3.59 €	4.49 €	7.18 €	8.50 €	Treibstoff/Ticket
Gesamtkosten	12.57 €	6.29 €	7.18 €	8.50 €	Gesamtkosten
Ihre Wahl →	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	← Ihre Wahl

Abbildung 12: Mögliches Entscheidungsszenario

Bei der Präferenzangabe wählten die Teilnehmer eine von vier Routenoptionen aus. Jede Routenoption setzte sich aus den Komponenten *reine Fahrzeit*, *Straßenart*, *Pünktlichkeit/Verspätung*, *Maut* und *Treibstoff/Ticket* zusammen, welche in ihrer Ausprägung experimentell variiert wurden. Insgesamt wurden die Teilnehmer zu sechs verschiedenen Wahlsituationen (Choice Sets) befragt.

4.2.4 Rücklaufquote

Von den 5.027 angeschriebenen Personen waren 373 verzogen und ihre Adresse ungültig. Demnach wurden 4.654 gültige Adressen angeschrieben. Insgesamt haben 1.738 Personen an der schriftlichen Befragung teilgenommen, was einer Rücklaufquote von 37,56% der gültigen Adressen entspricht. 853 Personen (49% der befragten Personen) haben den Fragebogen, der per Post verschickt wurde, ausgefüllt, davon konnten 64 Personen keinem Anschreiben-Typ zugeordnet werden. 885 Personen (51%) haben im Internet den Fragebogen beantwortet, davon konnten 119 Personen keinem Anschreiben-Typ zugeordnet werden.

Wie Tabelle 5 zeigt, erzielte das Anschreiben mit beiden Unterschriften der Studenten inklusive Incentive höchsten Rücklauf (45% der zuordenbaren Rückmeldungen), knapp gefolgt von der Rücklaufquote des Anschreibens durch den Institutsleiter mit Incentive (42%). Die geringste Rücklaufquote weist das Anschreiben mit weiblichem Verfasser ohne Incentive mit 30% auf.

Anhand der Verteilung der Rücklaufquoten können Rückschlüsse auf den Einfluss des Anschreiben-Typs als auch ein Einfluss der Incentive-Beigabe auf die Teilnahmebereitschaft der Personen gezogen werden. In Abhängigkeit vom Verfasser des Anschreibens variiert die Rücklaufquote mit Incentive von 37% bis 45%, ohne Incentive von 30% bis 36%. Da das Anschreiben beider Studenten die höchste Rücklaufquote erzielte und die weitere Rangordnung keinen systematischen Zusammenhang zur akademischen Position des Verfassers erkennen lässt, kann nicht davon ausgegangen werden, dass der akademische Grad des Unterzeichners einen Einfluss auf die Teilnahmebereitschaft der angeschriebenen Personen hat.

Dahingegen ist die Rücklaufquote bei Incentive-Beigabe unabhängig vom Verfasser höher als die Rücklaufquote der Schreiben ohne Incentive-Beigabe. Durch das Incentive wurde die Rücklaufquote um 3,5% bis 9,4% gesteigert. Dieses Ergebnis legt nahe, dass die Teilnahmebereitschaft bei postalischen Erhebungen durch Incentives gesteigert werden kann, was für zukünftige Untersuchungen genutzt werden könnte.

Tabelle 5: Rücklaufquote Postalische Erhebung

Anschreibtyp	Incentive-beigabe	versendet	Adresse ungültig	"gültige" Adressen	Antwort über		Rücklauf		Steigerung durch Incentive
					Internet	Post			
Beide Studenten	Nein	294 #	23 # 7.82%	271 #	48 #	48 #	96 #	35.30%	
Beide Studenten	Ja	292 #	22 # 7.53%	270 #	63 #	58 #	121 #	44.67%	9.38%
Studentin	Nein	292 #	18 # 6.16%	274 #	41 #	42 #	83 #	30.21%	
Studentin	Ja	291 #	25 # 8.59%	266 #	51 #	47 #	97 #	36.64%	6.43%
Student	Nein	291 #	25 # 8.59%	266 #	48 #	47 #	94 #	35.51%	
Student	Ja	288 #	20 # 6.94%	268 #	60 #	45 #	105 #	39.01%	3.50%
Dissertant	Nein	822 #	58 # 7.06%	764 #	127 #	126 #	252 #	32.99%	
Dissertant	Ja	816 #	67 # 8.21%	749 #	138 #	151 #	289 #	38.65%	5.66%
Professor	Nein	824 #	63 # 7.65%	761 #	141 #	134 #	276 #	36.26%	
Professor	Ja	817 #	52 # 6.36%	765 #	169 #	157 #	325 #	42.49%	6.24%
Gesamt		5.027 #	373 #	4.654 #	885 #	853 #	1.738 #	37.34%	

Abbildung 13 zeigt einen Zusammenhang zwischen der Erinnerungskarte und einer erhöhten Rücklaufquote. Darüber hinaus zeigt sie den zeitlichen Verlauf der schriftlichen Befragung per Post (PAPI) und per Internet (WAPI).

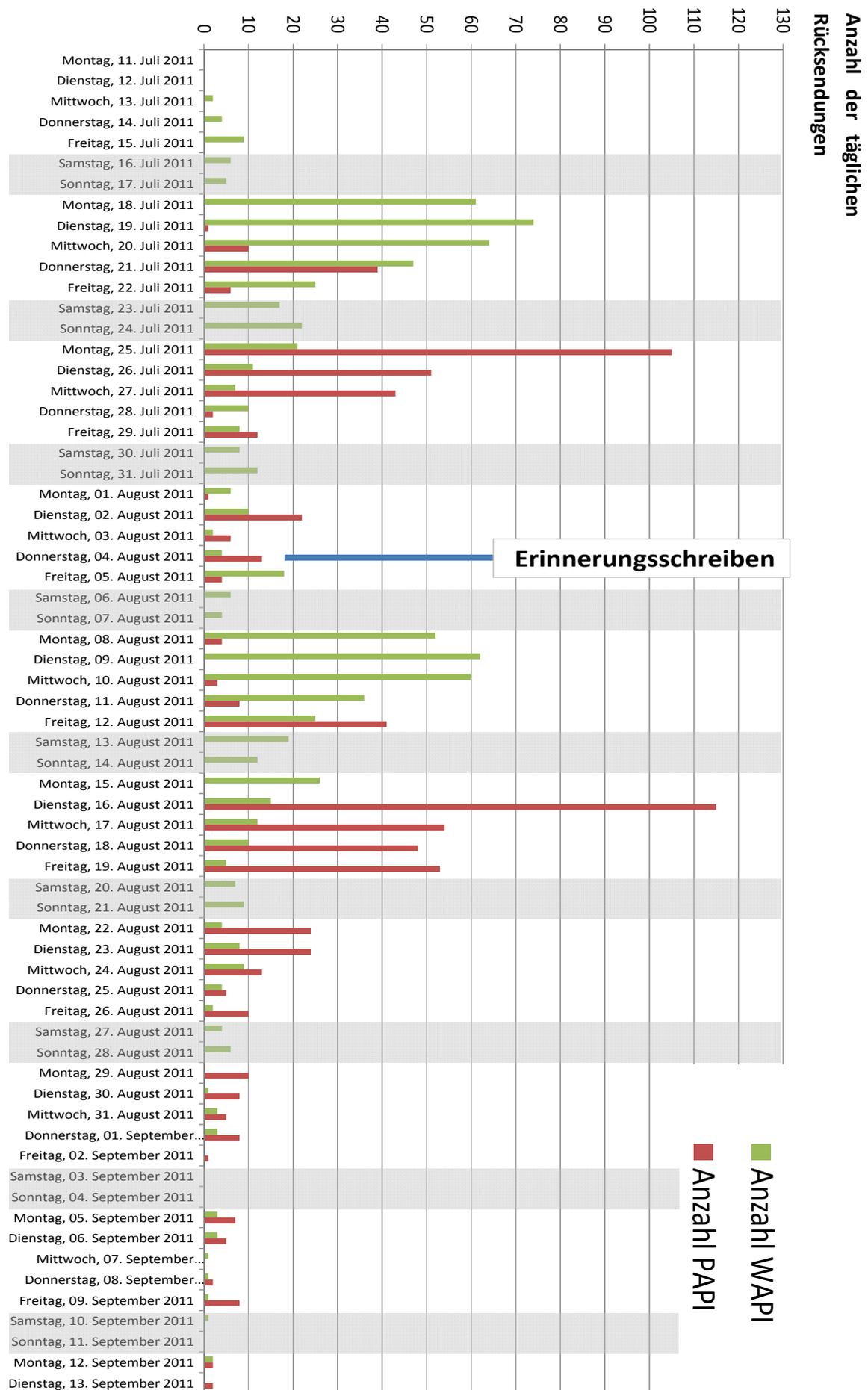


Abbildung 13: Anzahl der Antworten und Antwortgeschwindigkeit pro Tag für PAPI und WAPI

4.2.5 Zusammenfassung der Erhebungsmethoden

Tabelle 6 fasst die Erhebungsmethoden anhand der Stichprobe, Rücklaufquote sowie des Erhebungsumfelds zusammen (zur Stichprobe siehe 4.2.4 und 4.3, zur Rücklaufquote Unterabschnitt 4.2.4.).

Erhebungsdaten

1.610 Personen wurden mit dem Tablet befragt, wer die Teilnahme ablehnte konnte bei dieser Erhebungsmethode nicht erfasst werden. Von den angeschriebenen 5.027 Personen füllten 19% den Fragebogen über das Internet aus und 18% sandten den ausgefüllten Papier-Bleistift-Fragebogen in der 1. Erhebungsphase zurück, drei Viertel davon (14% der postalisch angeschriebenen Personen) füllten auch den personalisierten Fragebogen in der 2. Erhebungsphase aus. Letztlich konnten 80% der über das Internet bearbeiteten Fragebögen und 47% der postalisch retournierten Fragebögen für die weitere Datenanalyse herangezogen werden.

Der Befragungszeitraum bewegt sich zwischen 53 Tagen für die persönliche mündliche Befragung und 60 Tagen für die schriftliche Befragung. Für die persönlichen Interviews mit Tablet waren einschließlich Training, Support, Reisezeit, Rekrutierung der Probanden und Durchführung der Befragung durchschnittlich 91 Minuten pro Befragtem nötig, für die Internetbefragung 17 Minuten und die postalische Befragung 54 Minuten. Die Rekrutierung bei der Face-to-Face-Befragung mit Tablet dauerte im Mittel 28 Minuten, die Durchführung selbst 10 Minuten (Zeit „im Feld“: AM = 39min). Das Ausfüllen des Fragebogens über das Internet erforderte im Mittel 14 Minuten.

Tabelle 6: Gegenüberstellung der Erhebungsmethoden [Reiter et al., 2012b]

	Tablet	Internet	Bleistift und Papier
<u>Stichprobe</u>	1.610	5.027*	5.027*
Rücklaufquote der angeschriebenen Personen nach Erhebungsphasen (von 5.027)			
1. Phase: Teilnahmebereitschaft	-	19,1%	18,4%
2. Phase: Personalisierter Fragebogen			13,8%
3. Phase: Gültige Interviews (keine Autofahrer, Abbruch)		15,4%	8,7%
Gültige Interviews	1.610	768	434
<u>Erhebungsdaten</u>			
Befragungszeitraum	53 d	60 d	60 d
Bruttozeit (Training, Support, Reisezeit, Rekrutierung Probanden, Durchführung der Befragung)	91 min / #	17 min / #	54 min / #
Interviewzeit (Training, Reisezeit, Rekrutierung Probanden, Durchführung der Befragung)	79 min / #	-	-
„Im Feld“ Zeit (Rekrutierung Probanden, Durchführung der Befragung)	39 min / #	-	-
Rekrutierungszeit für Probanden	28 min / #	-	-
Dauer der Befragung (Netto)	10 min / #	14 min / #	-

* 5.027 angeschriebene Personen, die sich auf das Internet und die postalische Befragung verteilen

4.3 Stichprobe

Um möglichst verallgemeinerbare Aussagen über die österreichischen Verkehrsteilnehmer treffen zu können wurde eine proportionale Stichprobenschichtung nach Geschlecht und Alter, wo die Informationen zugänglich waren auch nach den Variablen Haushaltsgröße sowie Kind(er) im Haushalt. Ortsgröße/Einwohnerzahl, Bildungsgrad, Beschäftigungsverhältnis und Nettoeinkommen (pro Person und pro Haushalt) wurden als Kontrollvariablen miterhoben. Die Verteilung der soziodemografischen Variablen in der gewonnenen Stichprobe wurde in der Folge mit der Verteilung in der Grundgesamtheit der österreichischen Führerscheinbesitzer bzw. der österreichischen Gesamtbevölkerung verglichen. Von den 5.027 angeschriebenen und den ad-hoc rekrutierten Probanden konnten die Daten von 2.812 Personen aus Niederösterreich, der Steiermark und Wien für die weiteren Analysen verwendet werden.

4.3.1 Soziodemografische Merkmale

Zur Prüfung der Repräsentativität der Stichprobe wurden die soziodemografischen Daten mit den Werten der Führerstatistik aus dem Jahr 2011 verglichen.

Geschlecht

Im Hinblick auf das Geschlecht wurde eine Verteilung von 50% weiblicher und 50% männlicher Teilnehmer angestrebt. Ziel war dabei eine Korrespondenz mit den Daten der Führerstatistik von Statistik Austria (siehe Tabelle 7). Die Verteilung der vorliegenden Studie liegt bei 49% weibliche und 51% männliche Teilnehmer und ist damit mit den statistischen Daten der österreichischen Führerstatistik vergleichbar.

Tabelle 7: Geschlechterverteilung Führerstatistik in Österreich (2011)

männlich	weiblich	Gesamt
2.779.051	2.374.451	5.151.521
53,93%	46,07%	100%

Anmerkung: Datenbasis - Führerstatistik zwischen 16 und 69 Jahren / Statistik Austria (vom Bundesrechenzentrum für die Dissertation durchgeführte Berechnung, basierend auf der Bevölkerungsstatistik 2007 und dem Führerregister)

Altersverteilung

Wie Tabelle 8 zeigt, weist auch die Altersverteilung eine sehr zufriedenstellende Übereinstimmung mit der Grundgesamtheit auf. 22% der befragten Personen befinden sich in der Alterskategorie bis 29 Jahre (im Vergleich: 22% in der österreichischen Gesamtbevölkerung). Am häufigsten vertreten sind in der Erhebung die bis 45-jährigen Personen (32%), was in etwa der Verteilung der österreichischen Gesamtbevölkerung entspricht (37%). Die bis 59-Jährigen stellen mit 29% die zweigrößte Gruppe der Befragten dar (Statistik Austria: 26%). Personen, die älter als 69 Jahre sind und somit das Alterslimit der Führerstatistik Austria überschreiten, wurden in die Alterskategorie „ab 60 Jahre“ eingeschlossen. Der Anteil dieser Gruppe in der vorliegenden Stichprobe ist mit dem Anteil der 60 bis 69 – Jährigen unter den österreichischen Führerstatistikbesitzern vergleichbar.

Tabelle 8: Altersverteilung der Führerscheinbesitzer in Österreich - Daten der vorliegenden Studie

Daten von Statistik Austria (2011)	Insgesamt	Daten aus der Erhebung (2011)	Insgesamt
bis 29 Jahre	21,64%	bis 29 Jahre	21,66%
30 bis 45 Jahre	32,46%	30 bis 45 Jahre	37,09%
46 bis 59 Jahre	29,45%	46 bis 59 Jahre	26,21%
60 bis 69 Jahre	16,45%	ab 60 Jahre	15,04%
	100,00%		100,00%

Nettoeinkommen

In der empirischen Studie wurde eine gleichmäßige Verteilung der Nettoeinkommensklassen im Einzelfall und im jeweiligen Haushalt angestrebt. 8% beziehungsweise 20% der befragten Personen gaben keine Angaben zum persönlichen Nettoeinkommen und Nettohaushaltseinkommen bekannt. Um die fehlenden Angaben („missing values“) auf die gesamte Stichprobe von 2.812 befragten Personen hochzurechnen, wurde das Verfahren der Analyse fehlender Werte angewandt. Die fehlenden Werte wurden anhand der Parameter Geschlecht, Alter, Beschäftigungsverhältnis, Ausbildungsstand, Autobesitz und gefahrene Kilometer pro Jahr auf Muster überprüft und geschätzt. Die fehlenden Werte wurden durch abgeleitete (imputierte) Werte ersetzt und zur weiteren Analyse in der Datenbank gespeichert. Die Ergebnisse wurden mit dem Verfahren der Multiplen Imputation überprüft und stimmen in beiden Verfahren überein.

Das persönliche Einkommen der befragten Personen ist prozentuell am höchsten in den Kategorien des Nettoeinkommens von € 1.500 bis € 1.999 (26,5%) und € 1.000 bis € 1.500 (20,0%). Der Median liegt bei € 1.500 bis € 1.999. 17,1% der Befragten verdienen zwischen € 2.000 und € 2.499. Niedrigverdiener (bis € 999 gesamt) stellen 21,5% der Befragten dar. Personen, die mehr als € 2.499 verdienen, sind mit 14,7% am geringsten vertreten.

Das Haushaltseinkommen liegt im Median bei € 2.500 bis € 2.999. Die Kategorien € 2.500 bis € 2.999 (15,0%), € 2.000 bis € 2.499 (14,9%), € 3.000 bis € 3.499 (14,4%) und mehr als € 4.500 (14,4%) sind annähernd gleich verteilt. Auch das Haushaltseinkommen von € 3.500 bis € 3.999 (10,7%) sowie € 4.000 bis € 4.499 (10,2%) der befragten Personen ist weit verbreitet. Die Niedrigverdiener bis € 1.499 stellen insgesamt 11,9% der Probanden dar. 8,5% der befragten Personen verfügen über ein Haushaltseinkommen von € 1.500 bis € 1.999.

Die arithmetischen Mittelwerte sind mit einem durchschnittlichen Nettoeinkommen von € 1.636 pro Person und € 2.976 pro Haushalt mit dem jeweiligen Median vergleichbar.

Bildungsgrad

Im Hinblick auf die höchste abgeschlossene Ausbildung verfügt ein Anteil von 30% über Matura oder einen Universitätsabschluss. Jene Teilnehmer, welche die Pflichtschule absolviert haben, stellen mit 4% den geringsten Anteil des Stichprobenumfangs dar.

Beschäftigungsverhältnis

Über zwei Drittel der befragten Personen befinden sich in einem Anstellungsverhältnis, welches mindestens eine Teilzeitbeschäftigung beinhaltet. Das übrige Drittel wird überwiegend von Pensionisten und in weiterer Folge von Personen, die sich in Ausbildung befinden, vertreten.

Ortsgröße/Einwohnerzahl

49,8% der befragten Personen leben in Städten mit mehr als 20.000 Einwohnern. Im Vergleich zur österreichischen Gesamtbevölkerung (36,2%) ist diese Gruppe überrepräsentiert, während die Personen in Orten bis 5.000 Einwohnern in der Erhebung (26,0%) unterrepräsentiert sind (Gesamtbevölkerung: 37,6%).

Kind(er) im Haushalt

67,8% der befragten Personen haben keine Kinder, was in etwa der Verteilung der österreichischen Gesamtbevölkerung entspricht (61,5%).

Haushaltsgröße

Auch die Haushaltsgröße ist nahezu repräsentativ für die österreichische Gesamtbevölkerung. 31,2% der befragten Personen leben alleine (36,3% der österreichischen Gesamtbevölkerung). Die meisten der befragten Personen leben zu zweit (24,3%, im Vergleich in Österreich: 28,7%). Drei- bis Vier-Personen-Haushalte stellen sowohl bei der Befragung als auch in der österreichischen Gesamtbevölkerung die drittgrößte Kategorie dar. Haushalte mit mehr als 5 Personen umfassen gesamt 6,7% der Befragten und 6,6% der österreichischen Bevölkerung.

Tabelle 9 gibt einen Überblick über die absoluten und relativen Häufigkeiten der soziodemografischen Variablen Geschlecht, Ortsgröße/Einwohner, Kind(er) im Haushalt, Personen im Haushalt, Ausbildung, persönliches Nettoeinkommen, Haushaltsnettoeinkommen und Beschäftigungsverhältnis und stellt die statistischen Daten der österreichischen Grundgesamtheit vergleichend gegenüber.

Tabelle 9: Stichprobencharakteristik soziodemografische Daten Berufs- sowie Einkaufs- und Freizeitverkehr

Stichprobe	Anzahl der Befragten	Anteil in der Stichprobe (%)	% der Gesamtbevölkerung	Vergleichsquelle Quelle Jahr: "Studie" - Datensatz
Gültige Fragebögen	2.812	100		
Geschlecht (% männlich)	1.377	49	49,6	Bundesrechenzentrum 2011: Führerscheinbesitz in Österreich TU Graz
Alter (Med= 42 Jahre ; AM=42,8 Jahre, SD = 14,2 Jahre)				
bis 29 Jahre	609	21,7	21,6	
30 bis 45 Jahre	1.043	37,1	32,5	
46 bis 59 Jahre	737	26,2	29,5	
ab 60 Jahre	423	15,0	16,5	
Ortsgröße/Einwohner				Statistik Austria, 2012d: "Bevölkerung 2011 nach Gemeindegrößenklassen und Bundesländern" - Steiermark, Niederösterreich und Wien
bis 5.000 Einwohner	732	26,0	37,64	
5.001 bis 20.000 Einwohner	681	24,2	26,13	
ab 20.001 Einwohner	1.399	49,8	36,22	
Kind(er) im Haushalt				Statistik Austria, 2012b: "Familien 1985-2011 " - Ohne bzw. mit Kind(er) im Haushalt / Haushalte in Österreich
kein Kind	1.906	67,8	61,5	
mindestens ein Kind	906	32,2	38,5	

Stichprobe	Anzahl der Befragten	Anteil in der Stichprobe (%)	% der Gesamtbevölkerung	Vergleichsquelle Quelle Jahr: "Studie" - Datensatz
Personen im Haushalt (Med=2 Personen)	2.812			
eine Person	878	31,2	36,3	Statistik Austria, 2011c: "Privathaushalte 1985-2011" -: Haushaltsgröße
zwei Personen	684	24,3	28,7	
drei Personen	594	21,1	15,6	
vier Personen	467	16,6	12,8	
fünf Personen	143	5,1	4,5	
ab sechs Personen	46	1,6	2,1	
Ausbildung der Befragten		%		
Pflichtschule	125	4,4	21,35	Statistik Austria, 2011a: "Bevölkerung nach der höchsten abgeschlossenen Ausbildung"
Mittlere Schule	280	10,0	14,77	
Lehre	759	27,0	33,44	
AHS/BHS/Kolleg/Matura	826	29,4	17,64	
UNI/FH/Akademie	822	29,2	12,79	
Persönliches				
Nettoeinkommen (Med=Kategorie 4)	2.591			
bis 499 (1)	240	9,3		
bis 999 (2)	317	12,2		
1.000 bis 1.499 (3)	519	20,0		
1.500 bis 1.999 (4)	687	26,5		
2.000 bis 2.499 (5)	444	17,1		
2.500 bis 2.999 (6)	141	5,4		
3.000 bis 3.499 (7)	89	3,4		
3.500 bis 3.999 (8)	58	2,2		
mehr als 4.000 (9)	96	3,7		
Haushaltsnettoeinkommen (Med= Kategorie 5)	2.244			
bis 999 (1)	107	4,8		
1.000 bis 1.499 (2)	160	7,1		
1.500 bis 1.999 (3)	191	8,5		
2.000 bis 2.499 (4)	335	14,9		
2.500 bis 2.999 (5)	336	15,0		
3.000 bis 3.499 (6)	323	14,4		
3.500 bis 3.999 (7)	239	10,7		
4.000 bis 4.499 (8)	230	10,2		
mehr als 4.500 (9)	323	14,4		
Beschäftigungsverhältnis		%		
Vollzeitbeschäftigt	1.587	56,4		
Teilzeitbeschäftigt	326	11,6		
Geringfügig beschäftigt	42	1,5		
in Ausbildung (Lehre, Studium, Schulung)	237	8,4		
derzeit arbeitslos/ auf Arbeitssuche	66	2,3		
Pension	449	16,0		
im Haushalt tätig/ Hausfrau/ Hausmann	105	3,7		

AM... arithmetischer Mittelwert; Med... Median

Zusammenfassend lässt die beachtliche Übereinstimmung der Verteilung zentraler soziodemografischer Merkmale in der vorliegenden Stichprobe mit der Verteilung in der

österreichischen Bevölkerung eine hohe Repräsentativität der untersuchten Stichprobe annehmen. Damit ist die zentrale Grundvoraussetzung dafür gegeben, dass aus den weiteren, auf diesem Datensatz basierten, statistischen Analysen Aussagen hoher Reichweite bzw. externer Validität abgeleitet werden können.

Tabelle 10 gibt die Verteilung der unterschiedlichen Erwerbsformen über die drei Ausgangsbedingungen der Wahlaufgabe (Berufs-, Einkaufs-, Freizeitverkehr) wieder. Über 80% der zum Berufsverkehr befragten Personen sind vollzeitbeschäftigt, weitere 15% teilzeitbeschäftigt und weniger als 1% gaben ein geringfügiges Beschäftigungsverhältnis an.

In der Substichprobe, welcher Choice Sets zum Einkaufs- und Freizeitverkehr vorgegeben wurde, machen Vollzeitbeschäftigte fast die Hälfte aus. Ein weiteres Fünftel bilden Pensionisten (22%) und je ein Zehntel Personen in Ausbildung (11,6%) sowie Teilzeitbeschäftigte (10,3%).

Tabelle 10: Berufs- und Freizeitverkehr x Beschäftigungsverhältnis

	Vollzeit	Teilzeit	Geringfügig	In Ausbildung (Lehre,...)	Arbeitslos	Pension	Im Haushalt tätig	Gesamt
Berufsverkehr	643	116	5	0	0	0	0	764
	84.16%	15.18%	0.65%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	27.17%
Einkaufsverkehr	517	105	17	141	29	213	52	1.074
	48.14%	9.78%	1.58%	13.13%	2.70%	19.83%	4.84%	38.19%
Freizeitverkehr	427	105	20	96	37	236	53	974
	43.84%	10.78%	2.05%	9.86%	3.80%	24.23%	5.44%	34.64%
Einkaufsverkehr u. Freizeitverkehr	944	210	37	237	66	449	105	2.048
	46.09%	10.25%	1.81%	11.57%	3.22%	21.92%	5.13%	72.83%
Gesamt	1.587	326	42	237	66	449	105	2.812
	56.44%	11.59%	1.49%	8.43%	2.35%	15.97%	3.73%	100.00%

4.3.2 Räumliche Verteilung

2.812 Personen aus Niederösterreich, der Steiermark und Wien nahmen an der Befragung teil. Über die Hälfte der Probanden kamen aus der Steiermark (54,1%), gefolgt von Niederösterreich (24,4%) und an dritter Stelle Wien (21,5%). Wird die Anzahl der Teilnehmer zur Gesamteinwohnerzahl des jeweiligen Bundeslandes in Verhältnis gesetzt (Statistik Austria: 2011), zeigt sich, dass die Steiermark mit dem dreifachen Anteil an der Landesbevölkerung (0,125% der in der Steiermark lebenden Personen) gegenüber Niederösterreich (0,042%) und Wien (0,035%) deutlich überrepräsentiert ist.

In der Steiermark beantworteten insbesondere Personen aus der Stadt Graz (n = 560 Personen) und den Bezirken Graz-Umgebung (n = 244) sowie Leibnitz (n = 117) die Umfrage. Sie stellen gleichzeitig in dieser Reihenfolge auch die bevölkerungsreichsten Bezirke der Steiermark dar (Statistik Austria: 2011). Es folgten die Bezirke Weiz (n = 91 Befragte) und Bruck a. d. Mur (n = 86). Auch relativ zur Einwohnerzahl wurde in diesen fünf Bezirken der höchste Anteil (Statistik Austria: 2011) erreicht. Dieser reichte von 0,138% der Bezirksbevölkerung (Bruck a. d. Mur) bis 0,214% (Graz Stadt). In der Gesamtbetrachtung der Steiermark wird erkennbar, dass Bewohner der inneren und gleichzeitig einwohnerstarken steirischen Bezirke in der Erhebung sowohl relativ zur Gesamtstichprobe als auch relativ zur Einwohnerzahl stärker vertreten sind, als jene aus den östlich bzw. westlich davon gelegenen äußeren Bezirken (vgl. Abbildung 14).

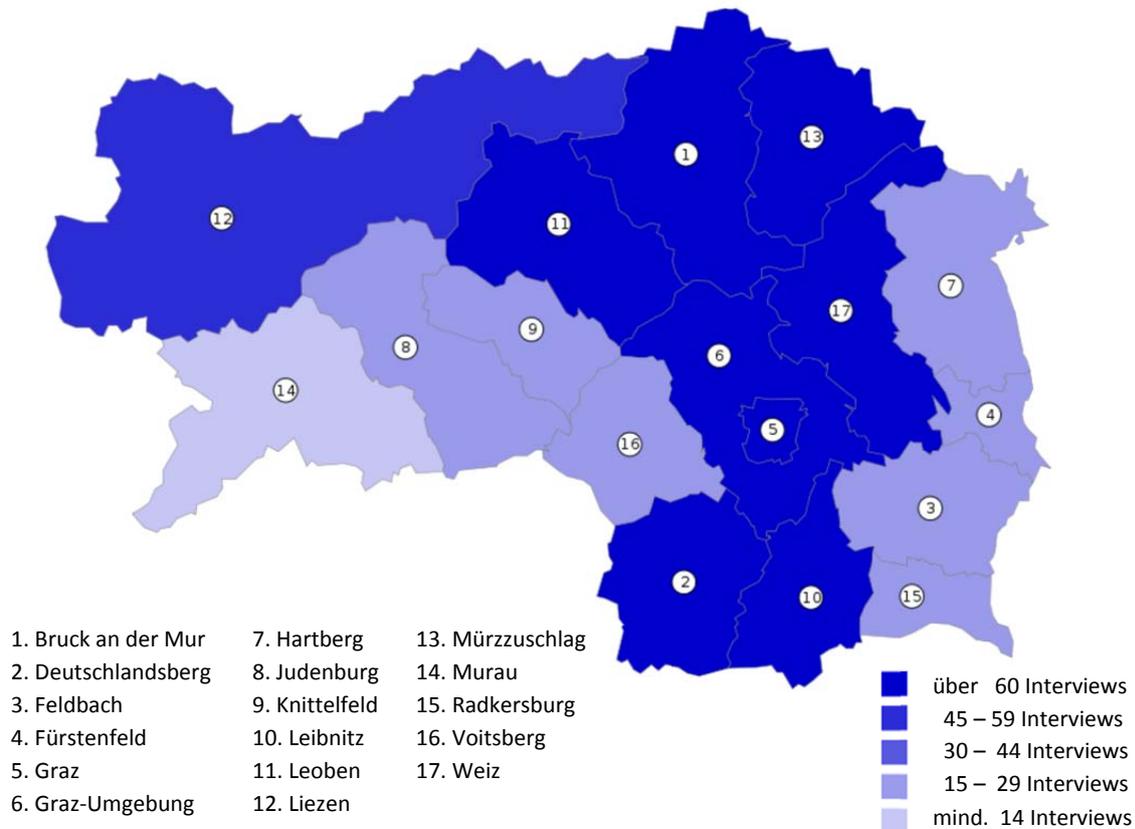


Abbildung 14: Stichprobenverteilung in der Steiermark

Aus Niederösterreich und Wien nahmen insgesamt 1.288 Personen (45,9%) an der Untersuchung teil. Knapp die Hälfte von ihnen gab Wien als Wohnort an ($n = 603$ Befragte). Es folgten mit einigem Abstand die Bewohner der niederösterreichischen Bezirke Baden ($n = 87$), Wiener Neustadt ($n = 71$), Neunkirchen ($n = 55$) und die an Wien angrenzenden Bezirke Mödling ($n = 57$) sowie Wien-Umgebung ($n = 54$). In Relation zur jeweiligen Einwohnerzahl (nach den Daten von Statistik Austria 2011) waren besonders stark der Bezirk Wiener Neustadt - Stadt (0,173% der Wohnbevölkerung) und mit einigem Abstand Neunkirchen und Baden (0,064% und 0,063%) vertreten. Aus den absoluten Zahlen ergibt sich eine Konzentration der Umfrageteilnehmer auf Wien und seine umliegenden Bezirke, sowie die Regionen südlich von Wien: Wiener Neustadt, Baden und Neunkirchen (vgl. Abbildung 15). Besonders gering sind relativ zur Bezirkseinwohnerzahl St. Pölten Stadt, Scheibbs, Waidhofen a. d. Ybbs, Zwettl und Waidhofen a. d. Thaya vertreten (je $< 0,02\%$).

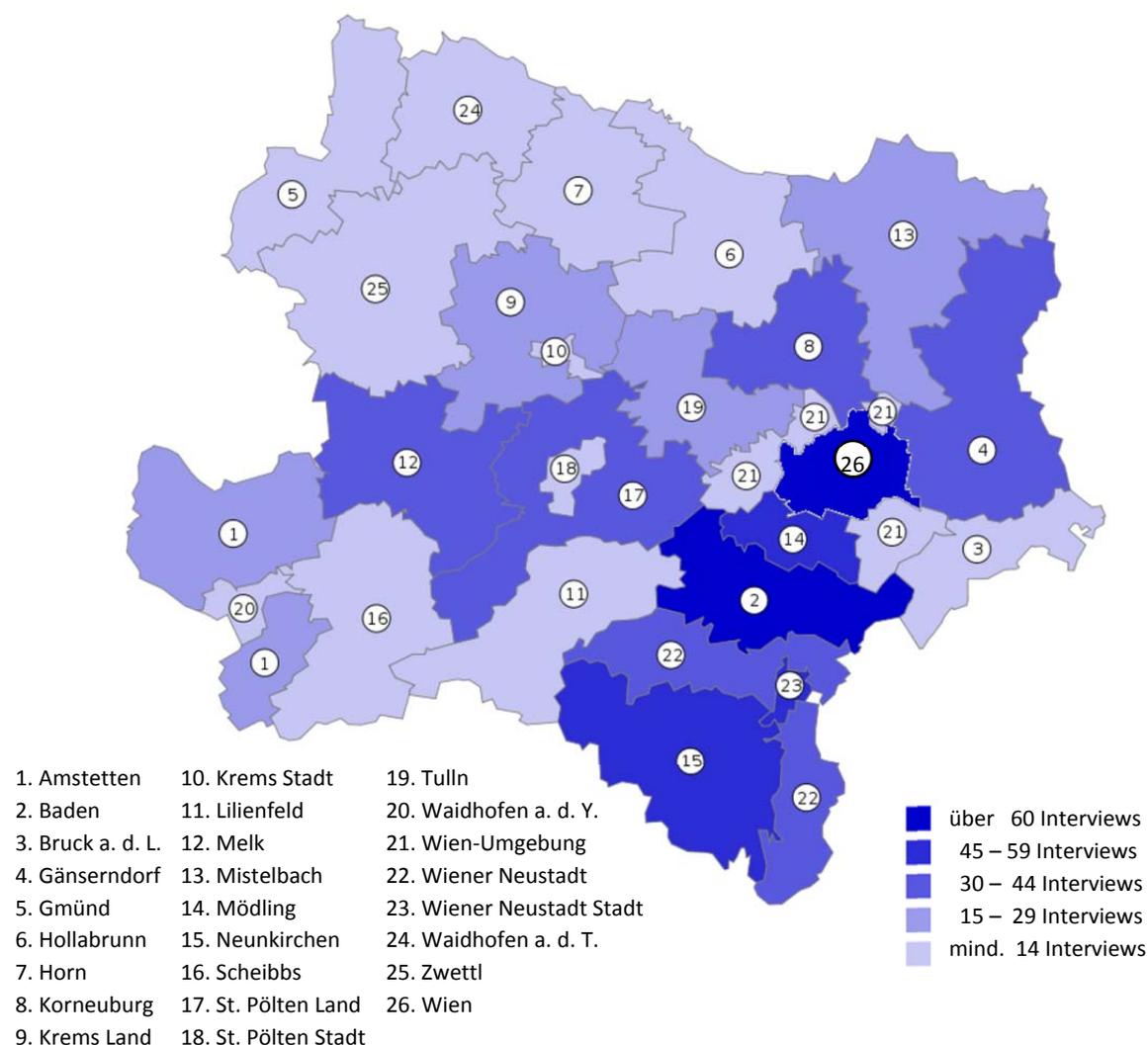


Abbildung 15: Stichprobenverteilung in Niederösterreich und Wien

In der postalischen Erhebung orientierte sich die Anzahl der Aussendungen pro Bundesland am Verhältnis der Einwohnerzahlen. So wurden 27,0% der Fragebögen an in der Steiermark wohnende Personen, 34,9% der Fragebögen an Niederösterreicher und 38,1% an Wiener ausgesendet. Wie Tabelle 11 zu entnehmen ist, weisen diese relativen Häufigkeiten eine hohe Übereinstimmung mit der Verteilung in der Bevölkerungsstatistik 2011 [Statistik Austria, 2012d] auf.

Tabelle 11: Postalische Erhebung: Anzahl der Aussendungen nach Bundesländern im Vergleich zur Einwohnerzahl der einzelnen Bundesländer [Statistik Austria, 2012d]

	Aussendungen		Einwohner	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Steiermark	1.358	27,0%	1.210.614	26,7%
Niederösterreich	1.753	34,9%	1.611.981	35,5%
Wien	1.916	38,1%	1.714.142	37,8%
Gesamt	5.027	100,0%	4.536.737	100,0%

n... absolute Häufigkeit; %... relative Häufigkeit in Prozent.

4.3.3 Versuchsbedingungen – experimentelle Variablen

Im Folgenden soll die Datenbasis für die Modellschätzungen aufgrund von Fahrtzweck und Gesamtkosteninformation dargestellt werden.

Fahrtzweck

In der Untersuchung wurden die Teilnehmer nach einem zweistufigen Algorithmus einer von drei Versuchsbedingungen zugeordnet. Personen für die im ersten Schritt Berufstätigkeit, ein Arbeitsweg (Wohnort – Arbeitsplatz) von mindestens 2 km und Autobenutzung am Arbeitsweg ermittelt werden konnten, wurden im zweiten Schritt zu 70% der Bedingung Berufsverkehr zugeordnet. Die übrigen 30% dieser Gruppe, sowie all jene, welche die Eingangskriterien nicht erfüllten, wurden der Versuchsbedingung Einkaufs- und Freizeitverkehr zugeordnet. Innerhalb dieser Wahlbedingung wählten die Probanden selbst ein Einkaufs- oder ein Freizeitziel (aus 9 vorgeschlagenen POIs) aus.

Im bereinigten Gesamtdatensatz waren jedoch nur etwas mehr als ein Viertel der Probanden ($n = 764, 27,2\%$) im Hinblick auf den Berufsverkehr befragt worden. Dieser relativ geringe Anteil der zum Berufsverkehr Befragten resultiert aus der hohen Anzahl Berufstätiger, die einen kurzen Arbeitsweg ($<2\text{km}$) aufwiesen und damit automatisch der Versuchsbedingung Freizeit- bzw. Einkaufsverkehr zugeordnet wurden (siehe auch Tabelle 10). Der größte Anteil des für die weiteren Analysen herangezogenen Gesamtdatensatzes entfällt mit 38,2% auf die Versuchsbedingung Freizeitverkehr, gefolgt von der Versuchsbedingung Einkaufsverkehr mit 34,6%.

Gesamtkosten

Als weitere experimentelle Variable wurde die Information über die Gesamtkosten eingeführt. Bei 1 von 10 Probanden (10%) in jeder eingangs bestimmten Versuchsbedingung (Berufs- vs. Freizeit/Einkaufsverkehr) wurden die Gesamtkosten in der Präsentation der Wahlaufgaben ausgeblendet (Bedingung: Show vs. No Show). Wie Tabelle 12 zeigt, waren letztlich bei knapp neun Prozent (8,71%) der gültigen, für die Modellschätzungen herangezogenen Beobachtungen die Gesamtkosten ausgeblendet worden.

Tabelle 12: Datenbasis der Modellschätzungen – getrennt nach Fahrtzweck und Gesamtkosteninformation

Hauptstudie	Berufsverkehr		Freizeitverkehr		Einkaufsverkehr		Gesamtdatensatz	
	No Show	Show	No Show	Show	No Show	Show	No Show	Show
gültige Interviews	74	690	83	991	88	886	245	2.567
gültige Beobachtungen	444	4.140	498	5.946	528	5.316	1.470	15.402
% des Gesamtdatensatzes	2.63%	24.54%	2.95%	35.24%	3.13%	31.51%	8.71%	91.29%

gültige Beobachtungen = gültige Interviews \times 6 (6 Choice-Sets/Proband)

Tabelle 12 verdeutlicht, dass durch die Notwendigkeit der Datensatzbereinigung die Gleichverteilung der gültigen Interviews auf die drei Fahrtzweckgruppen, bezüglich der beiden Gesamtkosteninformationsbedingungen, nicht vollständig gegeben. Hinsichtlich des Einkaufsverkehrs entfallen im gültigen Gesamtdatensatz 3,13% auf die Bedingung No Show, hinsichtlich des Freizeitverkehrs 2,95% und hinsichtlich des Berufsverkehrs sind 2,63% des Gesamtdatensatzes der Bedingung No Show zuzuordnen.

Tabelle 13 fasst die Anzahl der gültigen Interviews und für die Modellschätzungen herangezogener soziodemografischer Variablen getrennt nach den drei Fahrtzwecken sowie der Gesamtkosteninformation (Show vs. No Show) zusammen.

Bei jenen Personen, die zum Berufsverkehr befragt wurden, beträgt das durchschnittliche monatliche Nettoeinkommen in der Bedingung mit Gesamtkosteninformation (Show) 2.086 € pro Person bzw. 3.437 € pro Haushalt. Für die Untersuchungsteilnehmer, denen bei der Routenwahlaufgabe keine Gesamtkosteninformation dargeboten wurden (No Show), ergibt sich mit 2.005 € pro Person bzw. 3.343 € pro Haushalt ein vergleichbares mittleres Nettoeinkommen. Die zum Freizeit- und Einkaufsverkehr befragten Probanden weisen im Mittel ein deutlich geringeres Nettoeinkommen auf als die zum Berufsverkehr Befragten. Das individuelle monatliche Nettoeinkommen ist in der Versuchsbedingung mit Gesamtkosteninformation ebenso wie in der Versuchsbedingung ohne Gesamtkosteninformation um etwa ein Fünftel geringer (1.594 € bis 1.674 €). Das mittlere monatliche Haushaltseinkommen für Einkaufs- und Freizeitverkehr weicht mit 2.897 € bis 3.297 € weniger stark vom für den Berufsverkehr ermittelten mittleren Haushaltseinkommen ab (4% bis 16% geringer). Der Zusammenhang zwischen Nettoeinkommen und Routenwahlentscheidung wird in Kapitel 0. näher untersucht.

Tabelle 13: Datenbasis und soziodemografische Variablen in Abhängigkeit von Fahrtzweck und Gesamtkosteninformation

	Berufsverkehr		Freizeitverkehr		Einkaufsverkehr		Freizeit- & Einkaufsverkehr	
	Show	No Show	Show	No Show	Show	No Show	Show	No Show
<i>Gültige Interviews (n)</i>	690	74	991	83	886	88	1.877	171
<i>Gültige Beobachtungen (n)</i>	4.140	444	5.946	498	5.316	528	11.262	1.026
∅ Nettoeinkommen/Person [€/Monat]	2.086	2.005	1.672	1.648	1.594	1.674	1.635	1.661
∅ Nettoeinkommen/Haushalt [€/Monat]	3.437	3.343	3.019	3.297	2.929	2.897	2.977	3.092
∅ Alter [Jahre]	40	41	43	46	44	45	43	46
∅ Entfernung [km/Beobachtung]	34	35	45	40	24	23	35	31
∅ Reisekosten Auto [€/Beobachtung]	8,39	7,35	9,33	6,41	5,01	6,35	7,29	6,37
∅ Reisekosten ÖV [€/Beobachtung]	3,97	4,39	5,38	4,01	3,27	3,86	4,37	3,94
∅ Reisezeit Auto [Minuten/Beobachtung]	29	31	34	31	21	21	28	26
∅ Reisezeit ÖV [Minuten/Beobachtung]	35	39	45	45	26	29	36	37

Anmerkung: ∅... Arithmetischer Mittelwert

Hinsichtlich des Alters sind ebenso vergleichbare Werte für die Versuchsbedingungen mit und ohne Gesamtkosteninformation zu beobachten. Auch hinsichtlich der beobachteten Entfernung sind nur geringe Abweichungen zwischen Show- und No-Show-Bedingung zu verzeichnen.

Im Freizeitverkehr sind mit 45 km die längsten angegebenen Strecken zu beobachten. Im Berufsverkehr liegt die durchschnittliche Entfernung bei 34 km und im Einkaufsverkehr bei 24 km.

Werden Freizeit- und Einkaufsverkehr zusammengenommen, ergibt sich ein durchschnittlicher Wert von 35 km. In Kapitel 0 werden die Reisezeit und die Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Reiseentfernung näher betrachtet.

Die aus der Routenwahl der Untersuchungsteilnehmer resultierenden mittleren Reisekosten bzw. die entsprechende mittlere Reisezeit lassen ein teilweise differentielles Entscheidungsverhalten in Abhängigkeit von der Gesamtkosteninformation vermuten (siehe hierzu Kapitel 5.3.5).

4.4 Deskriptive Analyse des Mobilitätsverhaltens

4.4.1 Verkehrsverhalten

Die Analyse des Verkehrsverhaltens (n=2.812) zeigt, dass mehr als die Hälfte der befragten Personen das Auto täglich oder fast täglich braucht (56,2%). Hingegen benutzt ein Anteil von fast 15% das Auto ausschließlich am Wochenende. 50% der Befragten fahren bis zu 10.000 Kilometer im Jahr. Ein Drittel fährt entweder bis zu 15.000 oder 20.000 Kilometer. Tabelle 14 gibt einen Überblick über die absoluten und relativen Häufigkeiten der Variablen des Verkehrsverhaltens: Fahrhäufigkeit und gefahrene Kilometer/Jahr.

Tabelle 14: Stichprobencharakteristik Mobilitätsverhalten

Fahrhäufigkeit	n=2.812	%
täglich oder fast täglich	1.581	56,2
mehrfach pro Woche	817	29,1
nur am Wochenende	414	14,7
Kilometer pro Jahr		
bis 5.000 km	633	22,5
bis 10.000 km	773	27,5
bis 15.000 km	463	16,5
bis 20.000 km	458	16,3
bis 30.000 km	279	9,9
über 30.000 km	206	7,3

4.4.2 Motorisierung

Fast dreiviertel der befragten Personen besitzen ein eigenes Auto (74%). Bei den übrigen Befragten ist das regelmäßig genutzte Auto mehrheitlich das des (Ehe)Partners (12%), knapp 7% fahren in der Regel mit dem Firmenauto und weitere 7% geben eine andere Person als Besitzer des von ihnen vorwiegend benutzten PKWs an.

Unter den Untersuchungsteilnehmern sind die PKW-Typen „Kleinwagen“ (27%) und „Kompaktklasse“ (28%) am meisten in Gebrauch. Hinsichtlich der Motorleistung werden Autos von 55 bis 81 PS (27%) und von 82 bis 108 PS (29%) favorisiert. Mit 57% benutzen mehr als die Hälfte der befragten Personen ein Fahrzeug mit Dieselmotor. Fast drei Viertel der befragten Personen besitzen ein eigenes Auto (74%). Etwa der gleiche Stichprobenanteil (77% der Probanden) besitzt keine Karte für den öffentlichen Verkehr. Jene Personen, die das Angebot der öffentlichen Verkehrsmittel nutzen,

favorisieren den Kauf von länger gültigen Angeboten, d.h. einer Halbjahres- oder Jahreskarte (17%). 39% der befragten Teilnehmer sind Mitglied eines Automobilclubs.

Tabelle 15 gibt einen Überblick über die absoluten und relativen Häufigkeiten des Autobesitzes, der Eigenschaften des Fahrzeuges sowie die Häufigkeit des Besitzes von ÖV-Karten und einer Automobilclubmitgliedschaft.

Tabelle 15: Verteilung der Mobilitätsparameter

Autokategorie	n=2.722	%
Mini	55	2,0
Kleinwagen	732	26,9
Kompaktklasse	753	27,7
Mittelklasse	433	15,9
Obere Mittelklasse	222	8,2
Oberklasse	12	0,4
Sportwagen	15	0,6
Geländewagen	94	3,5
Minivan	114	4,2
Grossraumvan	215	7,9
Utilities	77	2,8
<i>keine Angabe</i>	90	
Motorleistung	n=2.749	%
bis 54 PS (40 kW)	186	6,8
bis 81 PS (60 kW)	731	26,6
bis 108 PS (80 kW)	799	29,1
bis 136 PS (100 kW)	580	21,1
bis 163 PS (120 kW)	289	10,5
ab 163 PS (120 kW)	164	6,0
<i>keine Angabe</i>	63	
Fahrzeughalter des PKW	n=2.812	%
Person selbst	2.088	74,3
Firmenfahrzeug	190	6,8
Ihr/e (Ehe)Partner/in	341	12,1
Andere	193	6,9
<i>keine Angabe</i>	0	
Typ Auto	n=2.710	%
Benzin	1.146	42,3
Diesel	1.547	57,1
Hybrid	14	0,5
Sonstiges	3	0,1

<i>keine Angabe</i>	102	
ÖV –Karte	n=2.768	%
Monatskarte	151	5,5
Halb-/Jahreskarte	467	16,9
Keine ÖV-Karte	2.150	77,7
<i>keine Angabe</i>	44	
Automobilclub		
Mitglied in einem Automobilclub	1.086	38,6

4.4.3 Streckenanalyse

Für die Modellschätzungen in Kapitel 5 werden die erhobenen Strecken hinsichtlich ihrer Entfernung zum Zielort analysiert. Die Arbeitswege wurden aus dem angegebenen Wohn- und Arbeitsort berechnet. Die Entfernung zum Einkaufs- bzw. Freizeitziel ergab sich hingegen aus dem angegebenen Wohnort und dem Fahrtziel, welches der Befragte aus den individuell generierten Optionen auswählte. Für die Routenwahlaufgabe wurden nur Wege zu einem Zielort herangezogen, welcher mindestens zwei Kilometer entfernt vom Wohnort lag (zum Design siehe Abschnitt 4.2.2.2).

Wie das Histogramm in Abbildung 16 zeigt, lassen sich die beobachteten Entfernungen durch eine linkssteile Verteilung charakterisieren. Am häufigsten wählten die Befragten Zielorte in einer Entfernung zwischen 6 und 20 km vom Wohnort (ca. 1.000 Beobachtungen). Ab einer Reisedistanz von 15 km (Modalwert) nimmt die Anzahl der beobachteten Werte kontinuierlich ab, bis sie bei 66 bis 70 km unter 50 Beobachtungen fällt.

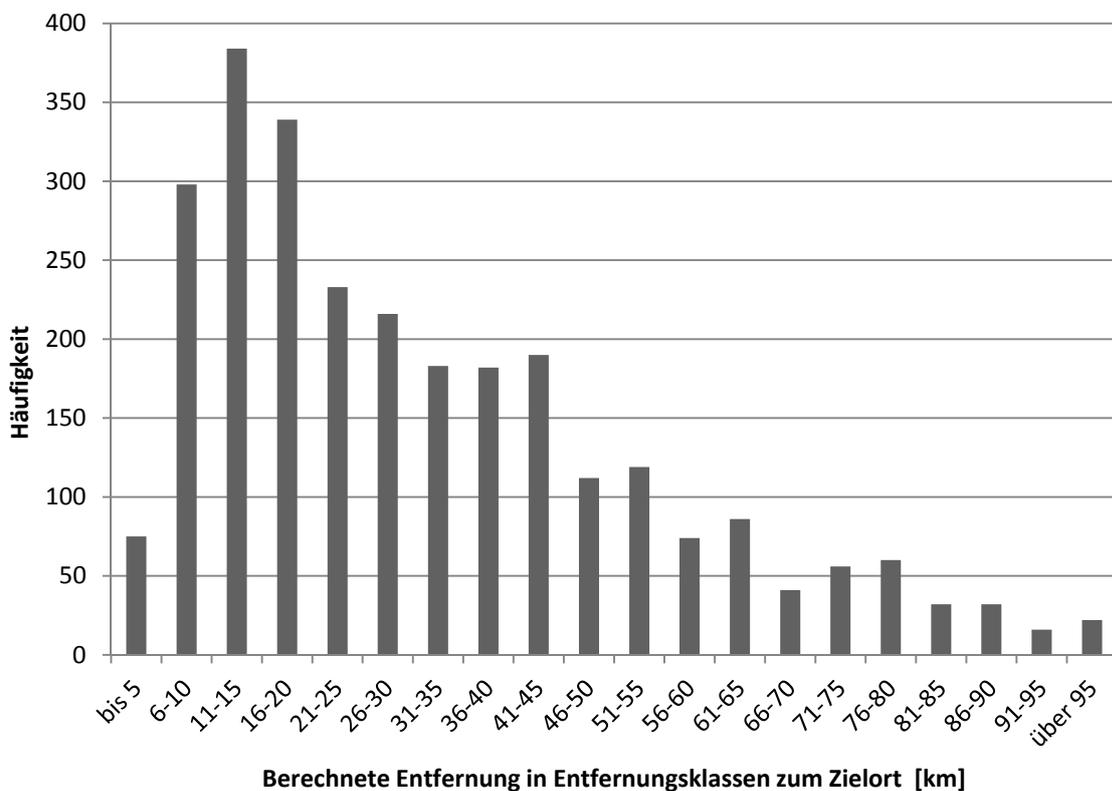


Abbildung 16: Angegebene Strecken der Probanden aufgesplittet nach Entfernungsklassen

Im Folgenden soll der Zusammenhang zwischen Reisezeit und Reisegeschwindigkeit näher untersucht werden.

Reiseentfernung und Reisezeit

Die Streudiagramme in Abbildung 17 und Abbildung 18 lassen eine lineare Abhängigkeit der Reisezeit von der Reiseentfernung erkennen. Bei PKW-Nutzung tritt dieser Zusammenhang sowohl im Berufsverkehr (Abbildung 17) als auch im Einkaufs- und Freizeitverkehr (Abbildung 18) klarer hervor, d.h. die Werte streuen systematischer, als bei Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel. Zugleich steigt die Reisezeit im motorisierten Individualverkehr weniger steil mit der Reiseentfernung an als im öffentlichen Verkehr. Wird also die Strecke zum Zielort mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt, so lässt sich die Reisezeit weniger genau durch die Reiseentfernung vorhersagen und wächst rascher mit zunehmender Entfernung als wenn der die Strecke mit eigenem Auto zurückgelegt wird. Somit besteht zwischen Reisezeit und Entfernung im ÖV ein geringerer linearer Zusammenhang als im Individualverkehr, da es stark auf die Verbindungsqualität im ÖV ankommt. Dieses Ergebnis lässt sich durch vermehrte Störeinflüsse im öffentlichen Verkehr erklären, wie längere Wartezeiten, Fußwege zum Verkehrsmittel und beim Umsteigen, unterschiedliche Verkehrsmittel (Straßenbahn, Bus, Zug), Anzahl bzw. Entfernung der Haltestellen sowie geringere Reisegeschwindigkeiten. Zudem lässt sich die Reisezeit durch die Reiseentfernung umso schlechter vorhersagen, je höher die Reiseentfernung ist.

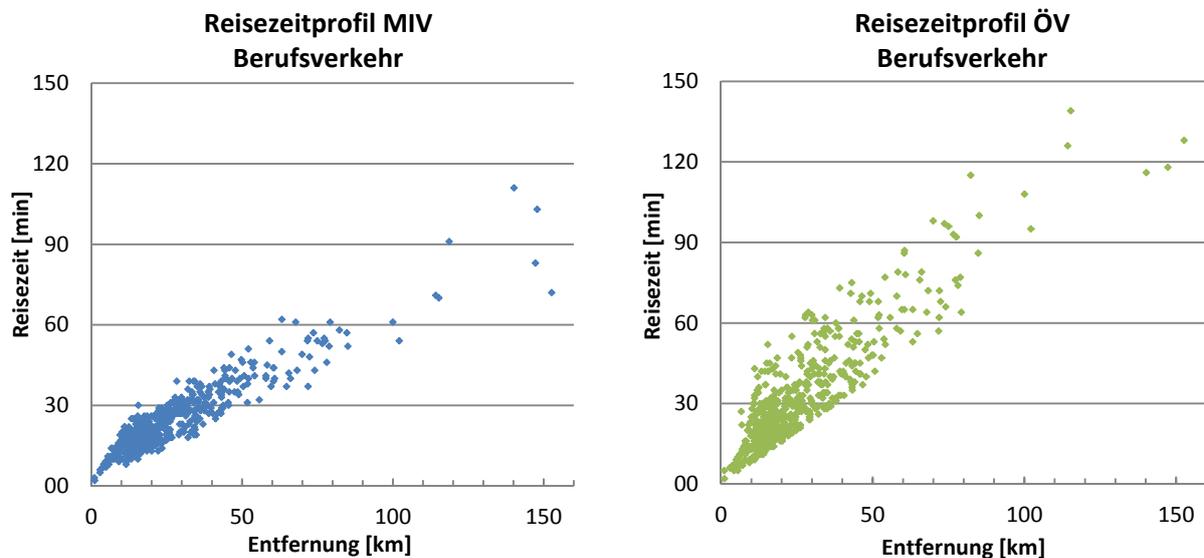


Abbildung 17: Reisezeit in Abhängigkeit von der Entfernung zum Arbeitsplatz - getrennt nach Verkehrsmittel (MIV, ÖV)

Während sich der Berufsverkehr mehrheitlich in Distanzen unter 50 km abspielt, sind zu den von den Probanden ausgewählten Einkaufs- und Freizeitzielen vielfach Distanzen bis 80 km zu beobachten. Aus diesen wurden in der Folge die Alternativen der Stated-Preference-Aufgabe für den motorisierten Individual- und den öffentlichen Verkehr generiert.

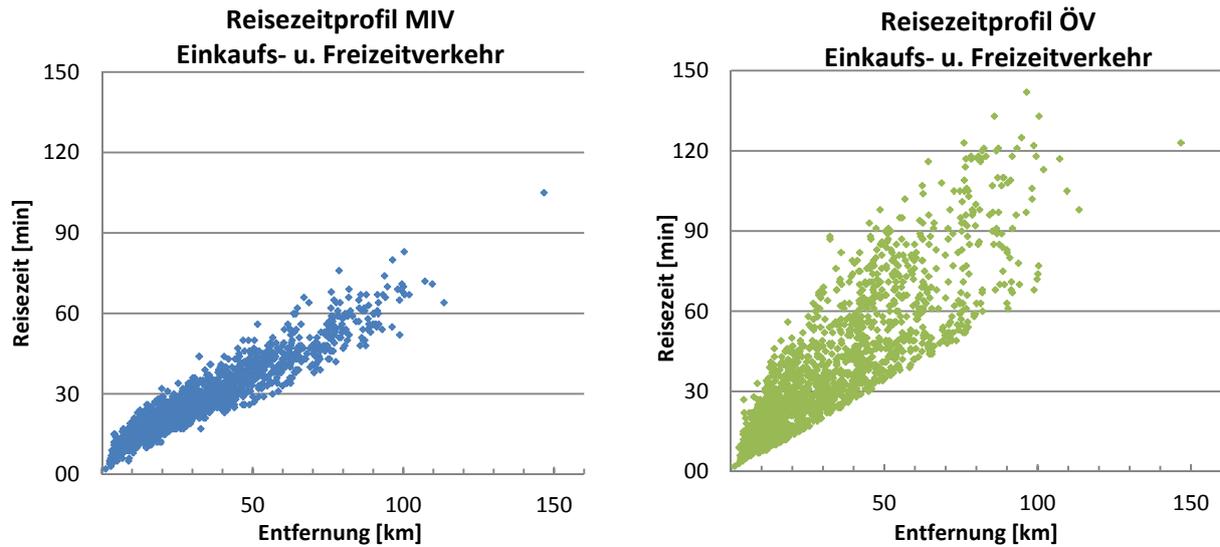


Abbildung 18: Reisezeit in Abhängigkeit von der Entfernung zum Zielort für den Freizeit- und Einkaufsverkehr - getrennt nach Verkehrsmittel (MIV, ÖV)

Zusammenfassend ist ein flacher verlaufender und engerer linearer Zusammenhang zwischen Reisedistanz und Reisentfernung im motorisierten Individualverkehr als im öffentlichen Verkehr festzuhalten, der sich durch vermehrte Störeinflüsse im öffentlichen Verkehr erklären lässt. Im Einkaufs- und Freizeitverkehr werden im Mittel höhere Distanzen zurückgelegt als im Berufsverkehr.

Reiseentfernung und Reisegeschwindigkeit

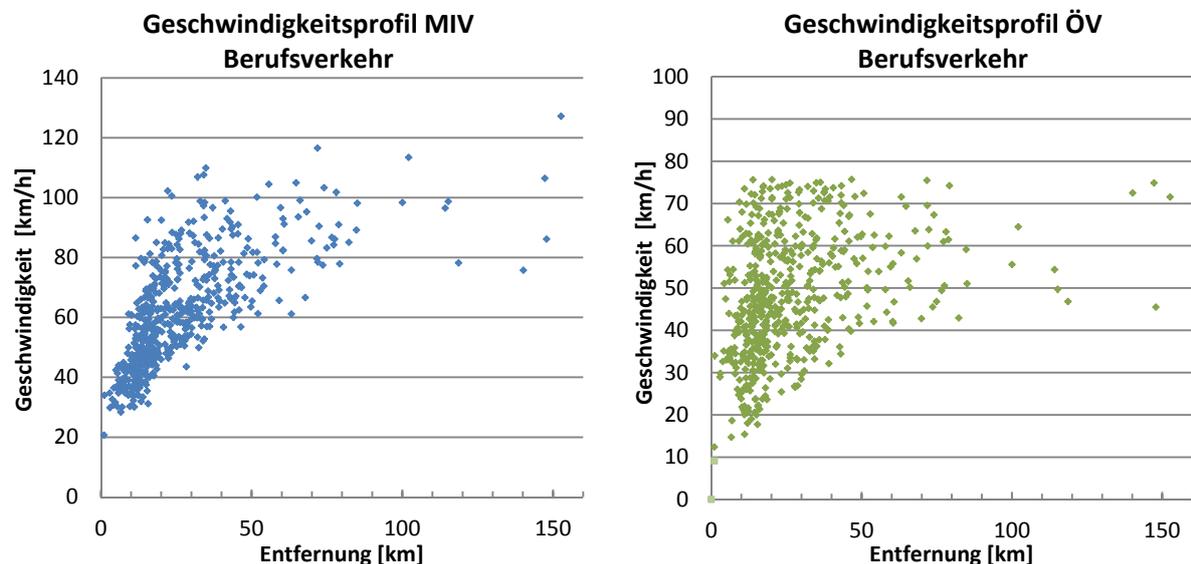


Abbildung 19: Beobachtete Geschwindigkeitsprofile für den Berufsverkehr – getrennt nach Verkehrsmittel (MIV, ÖV)

Wie hinsichtlich der Reisezeit bildet sich in den vorliegenden Daten auch hinsichtlich der durchschnittlichen Geschwindigkeit eine stärkere Kovariation mit der Reiseentfernung ab. (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20). Österreich verfügt über ein flächendeckend gut ausgebautes Straßennetz, sodass im Autobahnnetz, Landstraßennetz und Stadtstraßennetz jeweils ähnliche Reisegeschwindigkeiten erzielt werden. Im öffentlichen Verkehr hingegen, hängt die Reisegeschwindigkeit sehr stark davon ab, ob die Fahrtziele über Straße oder Schiene erreichbar sind,

sowie von der Anzahl der erforderlichen Zustiege mit der jeweiligen Umsteigezeit. Zudem werden im öffentlichen Verkehr geringere mittlere Geschwindigkeiten (Med = 47 km/h; Min = 12 km/h; Max = 76 km/h) erreicht als mit dem PKW (Med = 59 km/h; Min = 20 km/h; Max = 127 km/h). Die Streuung der mittleren Geschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Reiseentfernung ist bei Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel (rechte Spalte in Abbildung 19 und Abbildung 20) wesentlich diffuser als bei der Fahrt mit dem eigenen Auto (linke Spalte in Abbildung 19 und Abbildung 20). Dies dürfte durch ähnliche Faktoren verursacht sein wie die festgestellte schwächere Kovariation der Reisezeit mit der Reiseentfernung im öffentlichen Verkehr gegenüber dem motorisierten Individualverkehr (siehe oben).

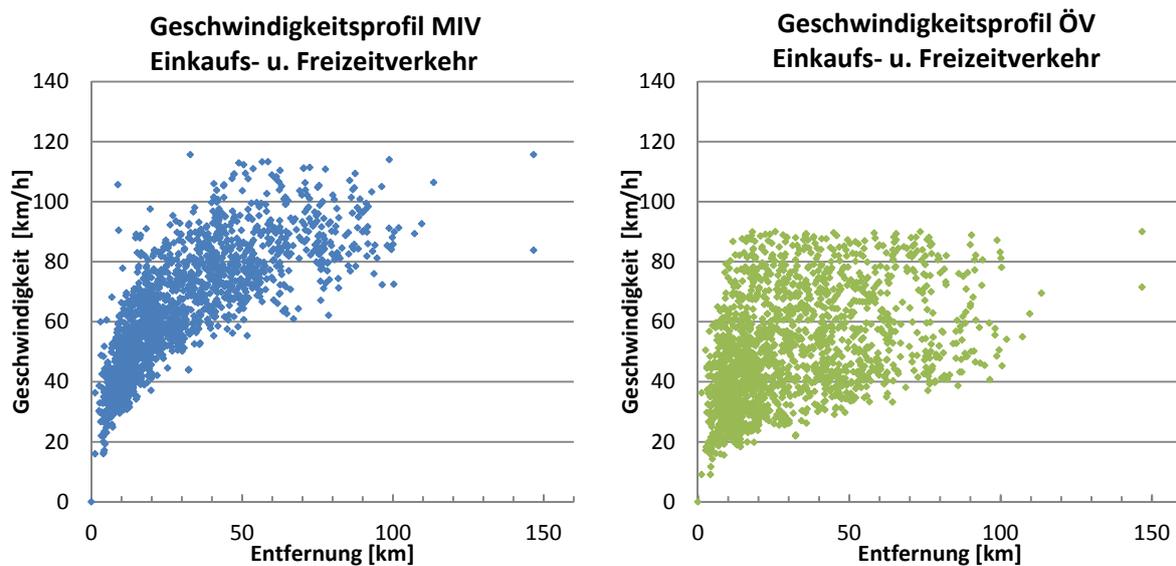


Abbildung 20: Beobachtete Geschwindigkeitsprofile für den Einkaufs- und Freizeitverkehr – getrennt nach Verkehrsmittel (MIV, ÖV)

4.5 Deskriptive Analyse der Meinungsumfrage

Neben Indikatoren der Motorisierung, soziodemografischen Variablen und der Vorgabe der standardisierten Routenwahlaufgabe wurde zusätzlich die Meinung der Untersuchungsteilnehmer zu verschiedenen Aspekten des Road Pricing erhoben: Problembereiche bei der Straßennutzung im jeweiligen Bundesland, Straßenbenutzungsgebühren und Umweltschutz.

Fehlende Werte („keine Angabe“) wurden in der Datenauswertung nicht berücksichtigt.

4.5.1 Wahrnehmung der Verkehrsinfrastruktur

Die Probanden wurden befragt, wie häufig sie von den folgenden Situationen betroffen sind: Verkehrsüberlastung (z.B. Stau, zähflüssiger Verkehr) auf dem Arbeitsweg und in der Freizeit; Mangel an Alternativen zum PKW (keine öffentlichen Verkehrsmittel, schlechter Takt, kein Radweg etc.) auf dem Arbeitsweg und in der Freizeit. Hierbei konnten sie zwischen den Kategorien „oft“, „manchmal“, „selten“, „nie“ und „keine Angabe“ wählen.

Wenn die Problembereiche wie Verkehrsüberlastung und Mangel an Alternativen zum PKW im Berufs- und Freizeitverkehr näher betrachtet werden, ergibt sich folgendes Bild: Eine Verkehrsüberlastung wird von 15% der befragten Personen im Berufsverkehr als „oft“ wahrgenommen, während dies in der Freizeit nur von 5% festgestellt wird. 58% der befragten Personen sind, laut eigenen Angaben, am Arbeitsweg „selten“ oder „nie“ von Verkehrsüberlastung betroffen. In der Freizeit schätzen dagegen fast zwei Drittel der befragten Personen (64%) eine Verkehrsüberlastung in der Freizeit als „selten“ bis „nie“ auftretend ein.

Über ein Drittel der Untersuchungsteilnehmer (36%) empfindet „oft“ einen Mangel an Alternativen zum PKW auf dem Arbeitsweg, und weitere 15% „manchmal“. Im Freizeitbereich sind dies mit insgesamt 58% (33% „oft“ oder 25% „manchmal“) um rund ein Sechstel mehr.

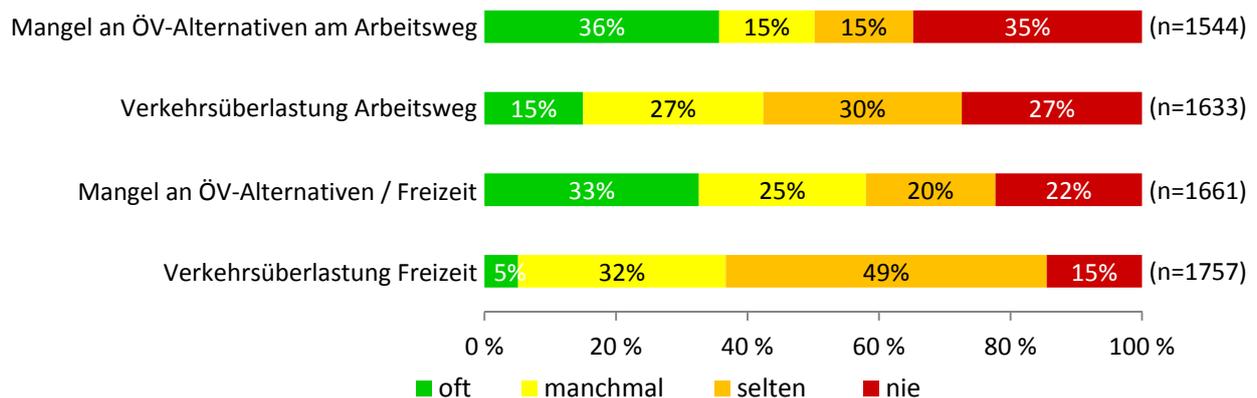


Abbildung 21: Wahrnehmung der Verkehrsinfrastruktur im jeweiligen Bundesland

4.5.2 Straßenbenutzungsgebühren

Der erste Fragenblock zu Straßenbenutzungsgebühren bezieht sich auf allgemeine Aussagen, zu der die Teilnehmer ihre Zustimmung anhand der Antwortkategorien „stimme zu“, „stimme eher zu“, „stimme eher nicht zu“, „stimme nicht zu“ sowie „keine Angabe“ zum Ausdruck bringen.

Allgemein betrachtet finden es fast zwei Drittel der befragten Personen (65%) gerechtfertigt, für die Benutzung von Straßen Gebühren zu bezahlen. 18% lehnen Straßenbenutzungsgebühren prinzipiell ab. In weiterer Folge wurden die Teilnehmer zu den Faktoren „Verkehrsberuhigung“, „Erhalt der Straßen“ und „Umweltschutz“ befragt, die mit der Einführung von Straßenbenutzungsgebühren im Zusammenhang stehen. Die Akzeptanz, Straßenbenutzungsgebühren zu bezahlen, ist am größten, wenn sie für den Umweltschutz eingesetzt wird. 71% stimmen der Aussage „Ich wäre bereit, Gebühren zu bezahlen, wenn es dem Umweltschutz dient“ zu oder „eher zu“. Hingegen sind nur 55% der befragten Personen gewillt (Antwortkategorien „stimme zu“ oder „stimme eher zu“), Gebühren zur Erhaltung der Straßen zu bezahlen. Die Bereitschaft Gebühren für eine Verkehrsberuhigung, die durch „weniger Autos auf den Straßen“ definiert wird, zu bezahlen, ist am geringsten. Rund zwei Drittel (65%) der Probanden stehen diesem Zahlungsgrund ablehnend gegenüber.

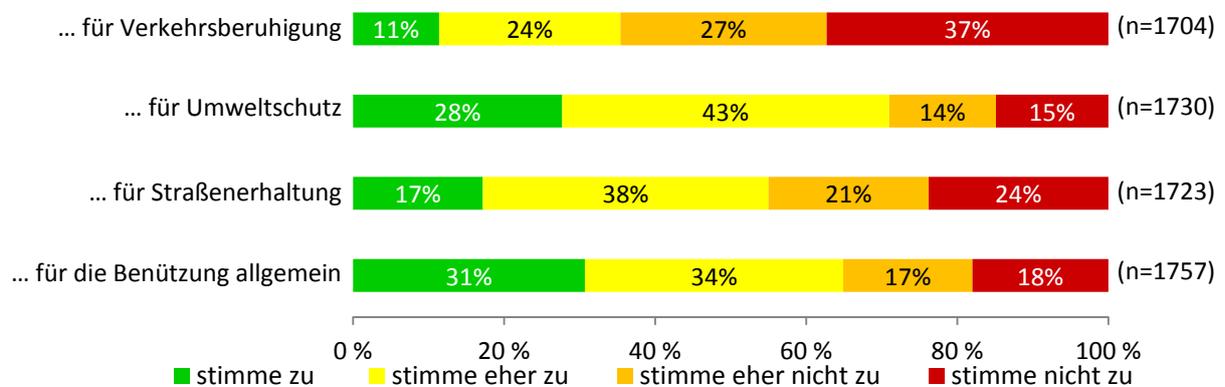


Abbildung 22: Bereitschaft zur Zahlung von Straßenbenutzungsgebühren

Der zweite Fragenblock zu Straßenbenutzungsgebühren betrifft die Konsequenzen, welche die befragten Führerscheinbesitzer aus der Einführung von Straßenbenutzungsgebühren ziehen würden. Die Untersuchungsteilnehmer beurteilten ihre Zustimmung zu vier möglichen Reaktionen auf einer vierstufigen Skala („Kann ich mir... gut vorstellen“, „eher vorstellen“, „eher nicht vorstellen“, „nicht vorstellen“).

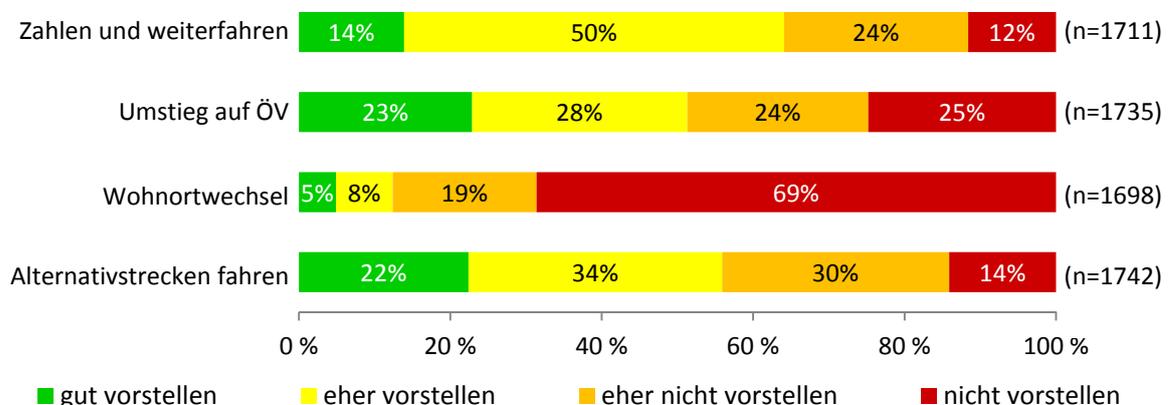


Abbildung 23: Konsequenzen bei Einführung von Straßenbenutzungsgebühren

Fast 90% der befragten Personen können sich nicht vorstellen, den Wohnort oder Arbeitsplatz zu wechseln, wenn Straßenbenutzungsgebühren eingeführt werden (69% „nicht“, 19% „eher nicht“).

Dagegen würden knapp zwei Drittel der befragten Personen (64%) die Gebühren einfach bezahlen um weiterhin mit dem Auto zu fahren. Etwa die Hälfte der befragten Personen kann sich vorstellen, auf den öffentlichen Verkehr umzusteigen (51%) und ein etwas größerer Anteil zieht in Betracht eine Alternativstrecke zu fahren, um die Gebühren zu umgehen (56%).

4.5.3 Umweltschutz

Abschließend wurden die Untersuchungsteilnehmer aufgefordert eine Reihe von Aspekten des Umweltschutzes nach der subjektiven Wichtigkeit auf einer fünfstufigen, an den Polen verbal verankerten Skala (1... „sehr wichtig“ bis 5... „unwichtig“) zu bewerten.

- Persönliche Auseinandersetzung mit dem Thema „Umweltschutz“
- Politische Maßnahmen zum Umweltschutz
- Beitrag des Einzelnen zum Umweltschutz
- Aufklärung der Bevölkerung über die Möglichkeiten zum Umweltschutz

Wie Abbildung 24 verdeutlicht, werden alle Maßnahmen zum Umweltschutz von der Mehrheit der Befragten als wichtig beurteilt (72% bis 84% wählten die Skalenstufen 1 oder 2). Der Aufklärung der Bevölkerung über die Möglichkeiten des Umweltschutzes wird dabei die größte Bedeutung beigemessen (Rating = 1-2: 84%, AM = 1,64). Am wenigsten relevant werden im Vergleich politische Maßnahmen zum Umweltschutz im Mittel (Rating = 1-2: 71%, AM = 2,04) erachtet. 81% der befragten Führerscheinbesitzer halten den Beitrag des Einzelnen zum Umweltschutz für wichtig und drei Viertel die persönliche Auseinandersetzung mit dem Thema (Rating = 1-2).

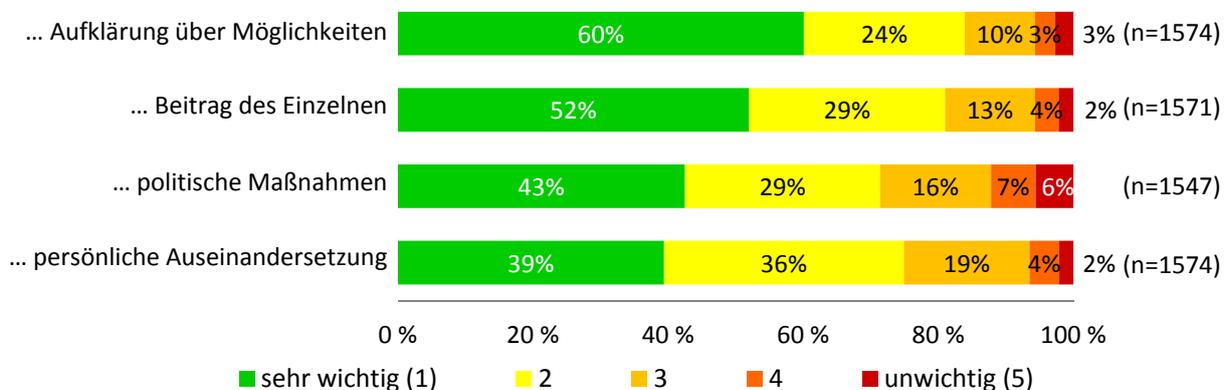


Abbildung 24: Ergebnisse der Meinungsumfrage zur Wichtigkeit des Umweltschutzes

5 Modellgenerierung

5.1 Versuchsplan

Der Kern jedes Stated Preference Experiments ist ein Satz von hypothetischen Wahlentscheidungen (Choice Sets). Im Hinblick auf die vorliegende Studie basieren die Wahlentscheidungen auf individuell generierte Quell-Zielpaare der Probanden. Die Strecken von der jeweiligen Heimatadresse zum gewählten Ziel werden anhand von Basiswerten (Reiseentfernung, Reisezeit, Treibstoffverbrauch, ÖV-Ticket Preis, ÖV Reisezeit) dargestellt (zur technischen Umsetzung siehe Abschnitt 4.3).

Wegen der individuellen Ziele und der daraus abgeleiteten Basiswerte kann mithilfe des vordefinierten Versuchsplans eine individuelle und standardisierte Datengrundlage für die Modellschätzungen generiert werden. Damit den Probanden möglichst realitätsnahe Wahlentscheidungen vorgeschlagen werden können, muss zusätzlich eine Beschreibung der Route mit möglichen Einflussvariablen erstellt werden. Hier gilt es vorab festzulegen, welche Variable bei der Entscheidung einen Einfluss haben könnte. Diese möglichen Einflussvariablen wurden mithilfe von Literaturstudium und Vorerhebungen ermittelt. Auf Basis der Häufigkeit der Nennungen wurde eine Auswahl getroffen.

Um Wahlentscheidungen vorlegen zu können, benötigt man neben der computergestützten Generierung der personalisierten realistischen Basiswerte (siehe Kapitel 4, Reisezeit für den motorisierten Individualverkehr bzw. öffentlichen Verkehr, Distanzen, Treibstoffkosten etc.) einen Versuchsplan. Im Versuchsplan wird die Antwortform „stated choice“ und die Form der Antwort (Bestimmung der Attribute, die Einfluss haben könnten; Größe der Ausprägungen; Kombination der Attribute; Anwendung des Efficient Designs) bis hin zum Auswertungsverfahren festgelegt.

Die Erstellung des Versuchsplans mit den aufgestellten Hypothesen (siehe Kapitel 1) gliedert sich in dieser Studie in folgende Arbeitsschritte:

- Bestimmung der Einflussvariablen und deren Ausprägungen (Vorerhebungen und Literaturstudium)
- Testen der relevanten Eigenschaften und deren Ausprägungen im Pretest
- Festlegung der Anzahl, Ausprägungen und Skalierungen der Einflussvariablen
- Überprüfung der Einflussvariablen mithilfe des Pretests, um realitätsnahe Wahlentscheidungen zu erhalten
- Erstellung und Festlegung des Versuchsplans

5.1.1 Generierung der Wahlentscheidungen

Die vier Auswahlmöglichkeiten mit den fünf Eigenschaften wurden in der ersten Phase in einem Modell formuliert.

Um die Aufgabenkomplexität der Wahlaufgaben in einem übersichtlichen Rahmen zu halten, wurde wie bei Brocke [2006] die eingesetzte Anzahl an Attributen, Alternativen und Wahlaufgaben möglichst gering gehalten.

Um einen effizienten Versuchsplan hinsichtlich Ausschluss von sinnlosen Wahlsituationen, Verbesserung der Reliabilität der Parameterschätzung und kleineren Stichproben für die vorgelegte Studie zu erstellen, wurde das Efficient Design (siehe Abschnitt 3.8) verwendet.

Für die Erstellung des Versuchsplans wurde das Programm Ngene [Rose et al., 2008] verwendet. Das Programm erstellt und prüft jede Entscheidungssituation anhand der vordefinierten Kombinationen von Ausprägungen der einzelnen Variablen. Aufgesplittet nach den Alternativen, Eigenschaften und Ausprägungen ergab sich eine Kombination von $2 \times 2 \times 3 \times 4 \times 4 = 2^9 \times 3^{12} \times 4^2 = 4.353.564.672$ einzelnen Auswahlmöglichkeiten. Zu einem gewählten Fragebogen, sind $I = 1 \dots 6$ Modelle zu schätzen wobei sich die benötigten x_{ij} als numerische Bewertung z.B: aus der berechnete Reisezeit mal der y_{fij} aus der jeweiligen Zeile I entsprechender Tabelle ergeben.

In weiterer Folge wurden unter Verwendung des im Programm implementierten Optimierungsalgorithmus und mithilfe des Efficient Designs die Auswahlsets generiert. Der Zweck dieser Vorbereitungsmaßnahmen ist die Sicherstellung, dass die einzelnen Variablen mit ihren Ausprägungen die Wahlentscheidungen bestmöglich abbilden. Mithilfe des Programms wurden 24 Szenarien generiert, die auf dominante Alternativen geprüft und bei Bedarf korrigiert wurden. Die Wahlentscheidungen wurden in vier Blöcke zu je sechs Auswahlsets aufgeteilt. In Abbildung 25 ist die Designerstellung schematisch dargestellt. Die vollständige Versuchsplan befindet sich im Anhang C.

Modell

$$V_{Auto1} = \beta_1 + \beta_{11} \cdot x_{11} + \beta_{12} \cdot x_{12} + \dots$$

$$V_{Auto2} = \beta_2 + \beta_{21} \cdot x_{21} + \beta_{22} \cdot x_{22} + \dots$$

$$V_{Auto3} = \beta_3 + \beta_{31} \cdot x_{31} + \beta_{32} \cdot x_{32} + \dots$$

$$V_{ÖV} = \beta_4$$

Versuchsplan

Auswahlmöglichkeit 1	y ₁₁ y ₁₂ y ₁₃ y ₁₄ y ₁₅ y ₁₆						y ₂₁ y ₂₂ y ₂₃ y ₂₄ y ₂₅ y ₂₆						y ₃₁ y ₃₂ y ₃₃ y ₃₄ y ₃₅ y ₃₆						y ₄₁ y ₄₂ y ₄₃ y ₄₄			
	1	0.95	A+S	++	10	0.70	1.00	0.90	A+S	+	4	0.80	1.00	1.00	G	+	1	0.80	1.00	1.20	x	-
2	0.95	A+S	+	8	0.80	1.00	1.10	L	+	8	0.90	1.00	1.1	L	-	0	1.00	1.00	1.10	x	-	x
3	1.05	A+S	++	12	1.00	1.00	1.05	A+S	++	6	1.10	1.00	1.15	G	--	0	1.10	1.00	1.00	x	--	x
4	1.00	A+S	++	20	0.70	1.00	1.00	L	+	12	0.95	1.00	1.25	G	+	3	1.00	1.00	1.10	x	+	x
5	1.20	A+S	++	15	0.70	1.00	1.20	A+S	++	6	1.00	1.00	1.1	G	-	1	0.80	1.00	1.15	x	-	x
6	1.10	A+S	++	14	0.70	1.00	1.10	L	+	4	1.05	1.00	1	L	+	4	1.05	1.00	1.00	x	+	x

Fragebogen

1. Szenario
Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV	
reine Fahrzeit	24 min	22 min	25 min	25 min	reine Fahrzeit
...
Gesamtkosten	6,40 €	7,30 €	5,30 €	5,30 €	Gesamtkosten
Ihre Wahl	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ihre Wahl

6. Szenario
Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	Auto 4	
reine Fahrzeit	23 min	29 min	20 min	34 min	reine Fahrzeit
...
Gesamtkosten	7,50 €	5,30 €	7,20 €	4,90 €	Gesamtkosten
Ihre Wahl	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ihre Wahl

Abbildung 25: Erstellung der Versuchsplanung (Generierung der Auswahlsets) für die Studie

5.1.2 Alternativen

Im Mittelpunkt der vorliegenden Studie stehen die Variablen Reisezeit, Reisekosten und Verkehrsmittelwahl. Diese Attribute (siehe Tabelle 16) beziehen sich dabei auf die Reisedauer und Verlässlichkeit sowie auf die Treibstoffkosten, die Mautgebühren oder Ticketkosten und die Gesamtkosten. Bei der Verkehrsmittelwahl wird zwischen dem eigenen Auto und öffentlichen Verkehrsmitteln unterschieden.

Die Modellschätzungen im Pretest (n= 300 Probanden bzw. 1.800 Beobachtungen) erlaubten eine Vereinfachung des Versuchsaufbau für Haupterhebung. Ein Ergebnis war beispielsweise, dass Reisezeit und Reiseentfernung bei den Wahlsituationen miteinander korrelieren, sodass bei der Haupterhebung die Reiseentfernung für den Probanden ausgeblendet werden konnte.

Tabelle 16: Ausgewählte Variablen für das diskrete Entscheidungs-Experiment

ZEIT	KOSTEN	VERKEHRSMITTELWAHL
<ul style="list-style-type: none"> • Reisedauer • Verlässlichkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • Treibstoffkosten • Mautgebühren/ Ticketkosten • Gesamtkosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenes Auto • Öffentlicher Verkehr

5.1.3 Alternativen des SP-Experiments

Ziel des Stated Preference Experiments ist es, aufgrund der Verkehrsmittel- und Routenwahl der befragten Personen Beobachtungen festzuhalten und diese Entscheidungen für die Modellschätzung zu sammeln. Den Entscheidungen liegen Situationen zugrunde, in denen die Probanden zwischen der Option, Straßengebühren zu bezahlen um dafür beispielsweise auf einer verlässlichen Route die Reise fortsetzen zu können, und der Möglichkeit, weniger bis gar nichts zu bezahlen und dafür die Variablen Verlässlichkeit und Reisedauer mit anderen, weniger annehmbaren Konditionen in Kauf zu nehmen, wählen müssen. Um das Entscheidungsverhalten näher analysieren zu können, werden unterschiedliche Alternativen präsentiert. Diese unterscheiden sich wiederum in ihren Ausprägungen.

Tabelle 17 gibt einen vergleichenden Überblick der bereits existierenden Studien im Hinblick auf die Anzahl der Attribute, Alternativen und Choice Sets. In den vorliegenden Studien werden bei den Alternativen zwischen zwei und vier Angaben unterschieden, die Attribute variieren zwischen einem Minimum von fünf und einem Maximum von acht. Die Auswahlsets wurden sechs-, sieben- bzw. elfmal in personalisierter Form dargestellt.

Tabelle 17: Analyse vorliegender diskreten Entscheidungs-Studien

Studie	Autor	Institution	Jahr	Themengebiet	N	SP Situationen	Alternativen	Attribute	Wahlaufgaben
Einbezug v. Reisekosten bei der Modellierung d. Mobilitätsverhaltens	Vrtic, E. et al.	ETH	2007	SP1: Präferenz für ein Mobility Pricing System	985	5.709	2	6	6
Einbezug v. Reisekosten bei der Modellierung d. Mobilitätsverhaltens	Vrtic, E. et al.	ETH	2007	SP2: Routenwahl und Wahl der Abfahrtszeit	531	3.927	2	7	7
Einbezug v. Reisekosten bei der Modellierung d. Mobilitätsverhaltens	Vrtic, E. et al.	ETH	2007	SP3: Wahl der Abfahrtszeit und Verkehrsmittelwahl	682	4.863	2	8	7
Einbezug v. Reisekosten bei der Modellierung d. Mobilitätsverhaltens	Vrtic, E. et al.	ETH	2007	SP4: Routen und Verkehrsmittelwahl	669	4.762	2	7	7
Behavioural Responses and Network Effects of Time-varying Road Pricing	Van Amelsfort, D.H. et al.	TU Delft	2008		1.115	12.265	2	6	11
Flexible Straßenbenützungsgebühren in Österreich	Sammer, G. et al.	BOKU Wien	2010		450	2.700	2	5	6
Modellierung des Mobilitätsverhaltens mit Road Pricing Maßnahmen	Reiter, T.	TU Graz	2011	SP1: Routen- und Verkehrsmittelwahl in Abhängigkeit von variablen Straßenbenützungsgebühren – Berufsverkehr	764	4.584	4	5	6
Modellierung des Mobilitätsverhaltens mit Road Pricing Maßnahmen	Reiter, T.	TU Graz	2011	SP2: Routen- und Verkehrsmittelwahl in Abhängigkeit von variablen Straßenbenützungsgebühren – Einkaufs- u. Freizeitverkehr	2.048	12.288	4	5	6

Auf Basis der diskreten Entscheidungs-Studien und des vorangegangenen Pretests wurden für die vorliegende Studie vier Alternativen, fünf Attribute und sechs Auswahlsets verwendet.

Hinsichtlich der Alternativen wird zwischen dem Einsatz des Autos und der Benutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln unterschieden. In der Aufzählung werden hohe, mittlere und geringe Mautgebühren berechnet. Die Höhe der Maut- und Treibstoffkosten wird im Hintergrund automatisch berechnet und setzt sich aus der Länge der jeweiligen Strecke und dem festgelegten Zuschlag laut Versuchsplan zusammen. Im Hinblick auf die Mautgebühren kann etwa zwischen folgenden Ausprägungen unterschieden werden:

Alternative (1): Einsatz des Autos mit der Bereitschaft eine hohe Maut zu bezahlen

Alternative (2): Einsatz des Autos mit der Bereitschaft eine mittlere Maut zu bezahlen

Alternative (3): Einsatz des Autos mit der Bereitschaft eine geringe bzw. keine Maut zu bezahlen

Alternative (4): Benutzung der öffentlichen Verkehrsmittel ohne Mautgebühr

Die Charakteristiken der jeweiligen Alternativen werden in Abschnitt 5.1.5 erläutert.

5.1.4 Beschreibung der Attribute für die Routenwahl

Für die Zusammenstellung der individuellen Choice Sets gilt, dass sich die Berechnungen auf alltägliche, bekannte Strecken der Teilnehmer beziehen. Dabei geben die Probanden sowohl die Adresse des Wohnorts als auch ein bekanntes Ziel in der Nähe des Wohnorts an. Dabei kann es sich um den Arbeitsplatz oder um ein Freizeitziel handeln. Im Hintergrund werden sowohl die Reisedistanz als auch die Reisezeit ermittelt. Sie gelten als Basiswerte für das SP-Experiment, werden abgespeichert und mit dem Versuchsplan verknüpft.

Auf Basis der individuellen Distanzen und Reisezwecke ergeben sich personalisierte standardisierte Fragebögen. Die Standardisierung bei den Fragebögen besteht in der im Voraus festgelegten Erweiterung der Attribute und den festgelegten Ausprägungen pro Alternative laut Versuchsplan.

Reisezeit

Im Hinblick auf die Zeit wird zwischen der Reisedauer und der Verlässlichkeit der jeweiligen Route unterschieden. Die Reisedauer für die Alternativen eins bis drei (mit Auto) basiert auf der Berechnung von „Google Directions API“ und entspricht den realen Gegebenheiten. Dabei wird jeweils die schnellste Route für die Berechnungen verwendet. Im Hinblick auf die Generierung von drei Wahlalternativen, werden die Werte mit entsprechenden Faktoren multipliziert (siehe Tabelle 19).

Für die Ermittlung der Reisedauer mit den öffentlichen Verkehrsmitteln werden die Informationen von den Webseiten der lokalen Verkehrsbetriebe (Steiermark, Niederösterreich und Wien) entnommen und die schnellste Verbindung herangezogen.

Der Aspekt der Verlässlichkeit bezieht sich auf die Pünktlichkeit oder Verspätung, die bei der jeweiligen Routenwahl in Kauf genommen werden muss. Die exakten Zeitangaben der Verspätung wurden, abgestuft in vier Klassen, in Abhängigkeit von der Reisezeit errechnet (Tabelle 18).

Tabelle 18: Klasseneinteilung der Verlässlichkeit der Verkehrsmittel

Attribute	max. Verspätung in Abhängigkeit der Reisezeit					
	<15 min	15-30 min	30-45 min	45-60 min	60-75 min	75-90 min
Klasse 1	0 min	1 min	2 min	3 min	4 min	4 min
Klasse 2	3 min	5 min	7 min	8 min	9 min	10 min
Klasse 3	5 min	8 min	10 min	12 min	14 min	15 min
Klasse 4	5 min	8 min	10 min	12 min	14 min	15 min

Reisedistanz

Die Reisedistanz gestaltet sich individuell und ist abhängig davon, welche Adresspunkte für die Streckenberechnungen herangezogen werden. Aufgrund der unterschiedlichen Entfernungen beeinflusst die Reisedistanz die Maut- und Treibstoffkosten. Im interaktiven Fragebogen wird die Reisedistanz nicht dargestellt. Sie wird im Hintergrund für die Berechnungen der Werte (Treibstoffkosten etc.) herangezogen.

Straßenkategorie

Die Straßenart wird als weitere Charakteristik für die Beschreibung einer Alternative für den motorisierten individual Verkehr herangezogen. Ob eine Strecke über die Autobahn bzw. Schnellstraße, Bundes- bzw. Landesstraße oder über eine Gemeindestraße zurückgelegt wird, hat sich in Voruntersuchungen als entscheidungsrelevanter Parameter herausgestellt. Hinsichtlich der gewählten Straßenkategorie zeigen Verkehrsteilnehmer unterschiedliche Präferenzen, je nachdem wie die Straßenbenutzer die jeweilige Fahrtdauer, die Reisegeschwindigkeit, das erwartbare Verkehrsaufkommen oder ästhetische Aspekte wie Landschaft, Fernblick und Architektur bewerten und welche Relevanz sie Indikatoren des subjektiven Komforts beimessen.

Reisekosten

Die Reisekosten beinhalten Treibstoffkosten und Straßenbenutzungsgebühren (motorisierte Teilnehmer mit den Alternativen 1, 2 und 3) sowie Ticketkosten (öffentlicher Verkehr, Alternative 4). Zur Ermittlung der Treibstoffkosten wurde ein durchschnittlicher Literpreis berechnet, der mit dem durchschnittlichen Verbrauch und der jeweils zurückzulegenden Distanz multipliziert wird. Ebenso wie bei der Reisezeit werden die errechneten Werte anhand von festgelegten Ausprägungen (in %) variiert, um differenzierte Ergebnisse zum Einfluss der Variable ableiten zu können.

Wie bereits bei den Alternativen angeführt, wird bei den Straßenbenutzungsgebühren zwischen keiner Gebühr sowie niedrigen, mittleren und hohen Tarifen unterschieden. Bei den Preisangaben handelt es sich um Werte, die aus ausgewählter Literatur stammen (siehe Ergänzungen zu Tabelle 2 und Tabelle 3 im Anhang).

Im öffentlichen Verkehr werden keine indirekten Kosten einer Straßenbenutzungsgebühr berücksichtigt. Der Grundgedanke dieser Modellierung liegt in der Orientierung an den Systemen von Städten wie Stockholm oder London, bei denen die öffentlichen Verkehrsbetriebe keine zusätzlichen Straßenbenutzungsgebühren entrichten müssen.

In weiterer Folge werden bei den Auswahlmöglichkeiten die Gesamtreisekosten sowie die einzelnen Kostenkomponenten aufgelistet. Bei jedem zehnten Probanden wurden die Gesamtkosten ausgeblendet. Hier war das Ziel, mögliche Effekte der Kostenwahrnehmung der Verkehrsteilnehmer

zu analysieren und zu untersuchen, ob die zusätzliche Auflistung der Gesamtreisekosten Einfluss auf die Entscheidungen nimmt.

5.1.5 Generierung der Alternativen

In Tabelle 19 sind die Ausprägungen der einzelnen Attribute im Hinblick auf die Generierung der Alternativen aufgelistet. Während die errechnete reale Reisezeit anhand von festgelegten relativen Differenzen variiert wurde, wurde der Straßentyp nach Autobahn/Schnellstraße, Bundes-/Landesstraße und Gemeindestraße kategorisiert. Das Attribut der Pünktlichkeit ist nach „sehr gut“, „gut“, „mittel“ und „schlecht“ abgestuft. In Zusammenhang mit der Verspätung setzen sich die Werte aus einer Funktion in Abhängigkeit von der Streckenlänge zusammen. Diese Werte werden anhand der Verspätung in Minuten wiederum in vier Klassen unterteilt. Die Maut ergibt sich jeweils aus dem Produkt aus dem im Versuchsplan definierten Attribut Maut (Preisspanne von 0,00 €/km bis 0,20 €/km) und der Reisedistanz in Kilometer. In Bezug auf den Treibstoff wird der mittlere Verbrauch berechnet und mit unterschiedlichen Abzügen (in %) dargestellt.

Die Fahrtkosten der öffentlichen Verkehrsmittel beziehen sich auf die Daten der Verkehrsbetreiber. Als Ausprägungen werden jeweils 80%, 100% und 120% des tatsächlichen Ticketpreises verwendet.

Tabelle 19: Ausprägungen der Attribute im Hinblick auf die Generierung der Alternativen

Attribute	Ausprägungen
Reisezeit (Auto 1)	-25%; -15%; -5%
Reisezeit (Auto 2)	-10%; 0%; 10%
Reisezeit (Auto 3)	0%; 25%; 50%
Reisezeit (ÖV 4)	-25%; 0%; 25%
Straßenkategorie (Auto 1)	Autobahn & Schnellstraße; Bundes- & Landesstraßen
Straßenkategorie (Auto 2)	Autobahn & Schnellstraße; Bundes- & Landesstraßen
Straßenkategorie (Auto 3)	Autobahn & Schnellstraße; Bundes- & Landesstraßen; Gemeindestraßen
Pünktlichkeit (Auto 1)	gut; sehr gut
Pünktlichkeit (Auto 2)	mittel; gut
Pünktlichkeit (Auto 3)	schlecht; mittel; sehr gut
Pünktlichkeit (ÖV 4)	mittel; gut
Verspätung (Auto 1)	Klasse 1; Klasse 2 (siehe Tabelle 18)
Verspätung (Auto 2)	Klasse 2; Klasse 3 (siehe Tabelle 18)
Verspätung (Auto 3)	Klasse 4; Klasse 4; Klasse 1 (siehe Tabelle 18)
Verspätung (ÖV 4)	Klasse 3; Klasse 2 (siehe Tabelle 18)
Maut (Auto 1)	0,08 €/km ; 0,10 €/km ; 0,16 €/km ; 0,20 €/km
Maut (Auto 2)	0,04 €/km ; 0,06 €/km ; 0,08 €/km ; 0,12 €/km
Maut (Auto 3)	0,00 €/km ; 0,02 €/km
Treibstoff (Auto 1)	-30%; -20%; 0%
Treibstoff (Auto 2)	-30%; 0%; 30%
Treibstoff (Auto 3)	20%; 60%; 80%
Fahrtkosten (ÖV 4)	-20%; 0%; 20%

Alternative 1

Im Hinblick auf die Reisezeit gibt Alternative 1 eine kürzere Fahrtdauer an. Diese variiert wiederum zwischen geringer, mittlerer und großer Zeitersparnis. Als Straßenkategorie werden entweder Autobahn und Schnellstraße oder Bundes- und Landesstraße angegeben.

Die Pünktlichkeit variiert zwischen den Klassen „gut“ und „sehr gut“, während im Bereich der Verspätung zwischen „Klasse 1“ und „Klasse 2“ unterschieden wird. Wie bereits in Abschnitt 5.1.3 erwähnt, gibt die Alternative 1 eher erhöhte Mautkosten an. Hier wird wiederum zwischen vier Faktoren unterschieden. Die Treibstoffkosten werden mit höheren, niedrigeren sowie gar keinen Ersparnissen angegeben.

Alternative 2

Diese Wahlmöglichkeit variiert zwischen geringen Zeitersparnissen, Real-Time-Werten und leicht erhöhten Reisezeiten. Auch in diesem Fall wechselt die Straßenkategorie zwischen Autobahn und Schnellstraße sowie Bundes- und Landesstraße. Die Pünktlichkeit wird entweder als „mittel“ oder „gut“ dargestellt, die Verspätung bezieht sich entweder auf „Klasse 2“ oder „Klasse 3“. Alternative 2 gibt tendenziell mittlere Werte hinsichtlich der Mautkosten an, die wiederum mit vier unterschiedlichen Mautsätzen (siehe Tabelle 19) multipliziert wurden. Die Treibstoffkosten zeigten entweder den derzeitigen Spritpreis oder einen hieraus systematisch berechneten höheren bzw. niedrigeren Spritpreis.

Alternative 3

Alternative 3 gibt bezüglich der Reisezeit entweder eine kürzere, eine stark erhöhte Fahrtdauer oder das Zeitmaß des Real-Time-Routings an. Als Straßenkategorie werden Autobahn und Schnellstraße, Bundes- und Landesstraße oder Gemeindestraßen angegeben. Die Pünktlichkeit variiert zwischen den Klassen „schlecht“, „mittel“ und „sehr gut“, während im Bereich der Verspätung zwischen „Klasse 4“, „Klasse 3“ und „Klasse 1“ unterschieden wird. Wie bereits in Kapitel 3.3.3 erwähnt, gibt die Alternative 3 meist niedrigere Mautkosten an. Hier wird wiederum zwischen zwei Faktoren unterschieden. Stattdessen gibt Alternative 3 erhöhte Treibstoffkosten an, die zwischen niedrigeren, mittleren und hohen Werten variieren.

Alternative 4

Die Reisezeit mit den öffentlichen Verkehrsmitteln wird entweder mit verringerten, erhöhten oder Real-Time-Werten angegeben. Die Pünktlichkeit wird entweder mit „mittel“ oder „gut“ klassifiziert, während sich die Verspätung entweder auf „Klasse 3“ oder „Klasse 2“ bezieht. Die Fahrtkosten werden entweder mit leicht reduzierten, erhöhten oder mit realen Werten angegeben.

Unter diesen Voraussetzungen wurden die Wahlalternativen generiert und das Discrete Choice Experiment durchgeführt. Auf Basis der erhobenen Daten wurden im Anschluss Modelle entwickelt, um die Verhaltensparameter zu schätzen. Die Grundlagen dazu werden im folgenden Kapitel erläutert.

5.2 Grundlagen zu Modellschätzung diskreter Wahlmodelle

Im nächsten Abschnitt wird die Schätzung der realen Entscheidungen der Verkehrsteilnehmer beschrieben. Sie stellen jene Entscheidungen dar, die den größten Nutzen haben und die Hypothesen der vorliegenden Studie verifizieren.

Die Strategie des Aufbaus und der Nachbildung der realen Entscheidung ist ein iterativer Prozess. Daraus abgeleitet würden sich bei dieser Studie mehrere Hundertmillionen mögliche Funktionen ergeben, welche die Wahlentscheidung beschreiben könnten.

Aufgrund der vielen Möglichkeiten wird in dieser Studie gezielt, aufbauend auf vorhandenen Studien und unter Berücksichtigung der Anwendbarkeit in Simulationen und der vorliegenden Hypothesen, eine Auswahl der Modelle geschätzt. Die endgültige Auswahl der Parameter erfolgte über einfache Modellschätzungen mit Daten aus der Pre-Test-Reihe. Nach Abschluss der Erhebung wurden erste Grundmodelle mit Zeit- und Kostenparameter geschätzt. Dann wurde das Modell schrittweise um soziodemographische, persönliche und reisebezogene Aspekte erweitert. Abschließend wurden die aussagekräftigsten Modelle herangezogen und im Zuge der vorliegenden Arbeit interpretiert.

Die Grundlage dieser Herangehensweise bilden die Maximum-Likelihood-Schätzungen, die mit dem Programm BIOGEME 1.8 - Bierlaire's Optimization Toolbox for GEV Model Estimation 1.8 [Bierlaire, 2003; 2009] durchgeführt wurden.

5.2.1 Entwicklung von Modellvarianten

Im ersten Schritt wird ein Modell erstellt, welches sich auf die grundlegenden Komponenten wie (Gesamt-)Kosten und (Gesamt-)Reisezeiten bezieht. Dieses Modell wird durch verschiedene Parameter und Interaktionsterme erweitert, wobei beispielsweise weitere Variablen eingefügt werden, deren Güte anhand von statistischen Tests geprüft wird. Sind die Variablen aussagekräftig, bleiben sie im Modell erhalten, sind sie es nicht, werden sie durch neue zu testende Variablen ersetzt. Dadurch bleiben letztlich die Ansätze mit der höchsten Modellgüte erhalten und wird die Modellgüte insgesamt verbessert.

Für das Nutzenmodell wird anhand der Maximum-Likelihood-Schätzung die Stärke des Einflusses jeder einzelnen Prädiktorvariablen ermittelt. Das Ergebnis sind die Parameter der Entscheidungsvariablen [König, 2004].

In der Studie wurden die Modellschätzungen jeweils für den Berufs-, Einkaufs- und Freizeitverkehr durchgeführt.

Im Allgemeinen wird bei der Modellierung jedes Modell auf vier Kriterien überprüft:

- Konvergenz hinsichtlich des Modells
- Bedeutsamkeit (d.h. Signifikanz) aller Parameter
- Plausibilität der Vorzeichen
- Korrelation zwischen den einzelnen Parametern

Grundsätzlich ergeben sich hier zwei Ansätze, nach welchen ein Modell zu einem anwendbaren Modell wird:

- Es werden Variablen und Interaktionsterme verwendet, die später in den Verkehrsmodellen etc. zur Verfügung stehen und diese ergänzen können. Dabei können die Parameter beispielsweise Basisdaten soziodemografischer Art (Geschlecht, Alter usw.), Reisezeit, Straßenart, etc. sein. Aus diesen Daten wird in weiterer Folge ein allgemeingültiges Modell als Basis für verschiedene Fragestellungen entwickelt.
- Alle Variablen, die aus der Erhebung bekannt sind oder aus dieser abgeleitet werden, werden miteinander kombiniert, ohne deren Sinnhaftigkeit und weitere Verwendung zu überprüfen. Daraus ergeben sich teilweise höhere Modellgüten. Diese Methode wird oft in kleineren Studien im Bereich der Marktforschung praktiziert. Kritisch zu betrachten ist, dass solche Modelle für zukünftige Anwendungen, beispielsweise für Simulationen, nicht oder nur teilweise übertragbar sind. Das Problem hierbei ist, dass mangels Datengrundlage die Funktionen nicht in der Simulation abbildbar sind. In keinem Verkehrsmodell ist der Detaillierungsgrad so hoch, dass soziodemografische Daten der jeweiligen Personen im Modell abgebildet sind.

In der vorliegenden Arbeit wurde der erste Ansatz gewählt, der eine gewisse Sinnhaftigkeit und Übertragbarkeit in Bezug auf zukünftige Anwendungen mitberücksichtigt. König [2004] formuliert in seiner Arbeit wie folgt:

„Bei der Modellierung tritt immer wieder die Frage auf, welche Kriterien ein Modell zu einem guten Modell machen und welches Modell aus der Vielzahl an möglichen Varianten das Beste ist. Schon die Zielsetzung ist dabei problematisch, denn die Erklärungskraft des gesamten Modells ist nicht zwingend abhängig von der Signifikanz der Parameter oder dem Verhältnis von Parameter und Varianz. Ziel der Modellierung ist es ja, ein möglichst genaues Abbild des realen Entscheidungsverhaltens unter der Vorgabe einer einfachen Struktur zu erzeugen. Deshalb lässt sich keine konkrete Aussage treffen bzw. kein Kriterium aufführen, das hinreichend für die Beurteilung der Modellqualität ist. In den meisten Fällen wird dieses gesuchte Optimum durch mehrere Merkmale und deren Zielfunktionen bestimmt.“

Nachfolgend werden einige Messgrößen zur Überprüfung der Modelle erläutert.

Ziel dieses Kapitels ist es, Aussagen darüber treffen zu können, welche Parameter im Modell bedeutsam sind. Hierzu werden lineare und nicht-lineare Routenwahlmodelle entwickelt, um die Hypothesen der vorliegenden Studie inferenzstatistisch zu untersuchen.

5.2.2 Schätzung der Modellparameter

Für die Schätzung der Modellparameter werden die beobachtbaren Größen in einen funktionalen Zusammenhang gebracht.

Es wird von einem linearen Zusammenhang ausgegangen, wobei für die deterministischen (V) und stochastischen Einflussgrößen (ε) des Nutzens in allgemeiner Form gilt [Temme, 2007, S. 328]:

$$U_{in} = V_{in} + \varepsilon_{in} \quad (28)$$

Wobei die deterministische Komponente aus persönlichen und situationsbedingten Faktoren wie folgt berechnet wird:

$$V_{in} = \beta_0 + \beta_1 X_{in}^1 + \beta_2 X_{in}^2 + \dots + \beta_R X_{in}^R \quad (29)$$

Dabei stellt β den Parametervektor und X_{in}^R die beobachtbaren Merkmale der Alternativen i bzgl. Entscheidungsträger n dar. Die stochastische Größe e ist nicht beobachtbar und wird, wie in Kapitel 3 beschrieben, modelliert [vgl. Temme, 2007, S. 328].

Im Hinblick auf das Schätzverfahren hat sich in der Entwicklung der Modellierung die Maximum-Likelihood-Schätzung von McFadden [1974] etabliert. Mithilfe dieses Verfahrens wird der unbekannte Parametervektor β aus Gleichung 29 geschätzt.

Train [2003, S. 60 f.] leitet die Likelihood-Funktion wie folgt her:

Die Wahrscheinlichkeit P_n , dass Person n jene Alternative wählt, wobei sie tatsächlich beobachtet wurde, kann folgendermaßen ausgedrückt werden:

$$P_n = \prod_i (P_{ni})^{y_{ni}} \quad (30)$$

Unter der Annahme, dass jede Wahl der Person n unabhängig ist von all den anderen Entscheidungsträgern, ist die Wahrscheinlichkeit der einzelnen beobachteten Personen der Stichprobe [Train, 2003, S. 65]:

$$L(\beta) = \prod_{n=1}^N \prod_{i \in C} (P_{ni})^{y_{ni}} \quad (31)$$

wobei $y_{ni}=1$ ist, wenn der Entscheidungsträger n eine Alternative i auswählt, ansonsten ist $y_{ni}=0$. Für die logarithmierte Likelihood-Funktion gilt:

$$LL(\beta) = \sum_{n=1}^N \sum_i y_{ni} \ln P_{ni} \quad (32)$$

Temme [2007, S. 330] erklärt, dass es an dieser Stelle nicht zwingend notwendig ist, den Logarithmus der Likelihood-Funktion zu verwenden. Das Logarithmieren führt jedoch zu einer Funktion, die global konkav verläuft. Dieser Schritt erleichtert die Schätzung der Parameter: Wird $LL(\beta)$ maximiert, so ergibt sich die Schätzung für den Parametervektor β .

5.2.3 Statistische Tests zur Bestimmung und Interpretation der Modellgüte

Aufbauend auf der Parameterschätzung mit der Maximum-Likelihood-Methode können die Ergebnisse der geschätzten Modelle mit einer Vielzahl von Gütemaßen verglichen, validiert und interpretiert werden.

Die Überprüfung mit Hypothesentests für individuelle Parameter ist aufgrund deren asymptotischen Normalverteilung einfach. Bei verbundenen Hypothesen ist die Testung mehrerer Parameter auf ihre Signifikanz möglich. Als Beispiele hierfür sind der Likelihood Ratio Test (LR-Test), der Wald-Test (W-Test) und der Lagrange Multiplikatortest (LM-Test) zu nennen [Engle, 1984; Greene, 2008]. Diese Tests sind asymptotisch äquivalent und produzieren für $n \rightarrow \infty$ die gleichen Resultate [Gautschi, 2010].

5.2.3.1 Likelihood Ratio Test (LR-Test)

Der Likelihood Ratio Test, auch als Likelihood Ratio Statistik oder Chi-Quadrat-Differenztest (χ^2 -Differenztest) in der Literatur auffindbar, wird für die Maximum-Likelihood Methode verwendet. Er findet sowohl als Signifikanz- als auch als „goodness of fit“-Test Anwendung [vgl. Maier & Weiss, 1990; Czado & Schmidt, 2011].

Beim Likelihood Ratio Test werden jeweils zwei Modelle (Nullmodell und das definierte Modell) hinsichtlich der Anpassung miteinander verglichen [vgl. Huelsenbeck & Crandall, 1997]. Dabei wird geprüft, ob Parameter im Modell existieren, welche auf einen bestimmten Wert reduziert werden können [Maier & Weiss, 1990]. Der Test dient zur Prüfung, ob eine Schätzung mit zusätzlichen Parametern ein signifikant besseres Ergebnis erzeugt als das Nullmodell.

Ziel des Tests ist es, unter der Randbedingung möglichst wenige zu schätzende Parameter einsetzen zu müssen, eine gute Anpassung („fit“) zu erhalten.

Folgende Begriffe des LR-Tests sind gebräuchlich [Kribernegg, 2005]:

- $LL(0)$ Log-Likelihood des Nullmodells: Ausgangswert der Log-Likelihood-Funktion, wobei alle β -Parameter gleich 0 gesetzt sind
- $LL(\beta)$ Log-Likelihood des geschätzten Modells: Wert der Log-Likelihood-Funktion nach Erreichen der Konvergenzkriterien des Schätzverfahrens
- $LL_{RM}(\beta)$ und $LL_{EM}(\beta)$ sind die Log-Likelihood-Werte des reduzierten Modells und des vollständigen oder erweiterten Modells

Grundsätzlich wird zwischen dem restringierten und dem unrestringierten Modell getestet. Die Likelihood-Funktion des restringierten Modells $L(0)$ wird nie größer sein als der Wert der Likelihood-Funktion des unrestringierten Modells $L(\beta)$: $L(\beta) \geq L(0)$.

Das Verhältnis der Likelihood-Werte wird definiert als

$$\lambda = \frac{L(0)}{L(\beta)} \quad (33)$$

wobei $0 < \lambda \leq 1$. Treffen die unter der Nullhypothese getroffenen Restriktionen zu und entsprechen die Maximum-Likelihood-Schätzer den unter der Nullhypothese definierten Werten, ist $L(\beta) \approx L(0)$

bzw. $\lambda \approx 1$. Je kleiner λ , desto stärker ist die Evidenz der Nullhypothese. Dies ist nur möglich, wenn für den Hypothesentest die Stichprobenverteilung von λ bekannt ist. Es ist bekannt, dass minus zwei Mal der natürliche Logarithmus von λ einer χ^2 -Verteilung (Chi-Quadrat) mit q Freiheitsgraden folgt, wobei q die Anzahl der Restriktionen unter der Nullhypothese bezeichnet [Gautschi, 2010].

Für den Fall, dass der Testwert des Likelihood Ratio Tests mindestens so groß ist wie der kritische Wert der χ^2 -Verteilung, kann von einem signifikanten Ergebnis gesprochen werden [Ben-Akiva & Lerman, 1985].

Der LR-Test berechnet aus der doppelten negativ logarithmierten Likelihood (-2LL) Devianz des Nullmodells (unter der Berücksichtigung ausschließlich des konstanten Terms) die Differenz der jeweiligen Modelle unter der Einbeziehung der erklärenden Variablen [vgl. Rese & Bierend, 1999, S. 236 f.; Backhaus et al., 2006. S. 444].

$$\begin{aligned}
 LR &= -2 \cdot \ln \lambda && (34) \\
 &= -2 \cdot \ln \left(\frac{L(0)}{L(\beta)} \right) \\
 &= -2 \cdot \ln(L(0) - L(\beta)) \\
 &= -2 \cdot (LL(0) - LL(\beta))
 \end{aligned}$$

Daraus lassen sich folgende Hypothesen überprüfen [vgl. Kribernegg, 2005]:

Alle Parameter = 0	Ein Parameter = 0	Ident zweier Parameter
Nullhypothese: $\beta_1 = \beta_2 = \beta_m = 0$	Nullhypothese: $\beta_m = 0$	Nullhypothese: $\beta_1 = \beta_2$
In diesem Fall wird geprüft, ob eine Verbesserung der Signifikanz gegenüber dem Nullmodell erreicht werden kann. Die Freiheitsgrade stimmen mit der Menge an geschätzten Parametern des Modells überein. Die Nullhypothese wird abgelehnt, wenn das Testergebnis $> \chi^2$ entspricht.	Hier wird der Einfluss eines Parameters geprüft, wobei die Freiheitsgrade in Form der Differenz zwischen Vollmodell und reduziertem Modell gegeben sind. Die Nullhypothese wird abgelehnt, wenn das Testergebnis $> \chi^2$ entspricht.	Ein Parameter ist mit einem anderen ident: Beispiele siehe Kribernegg 2005 S. 84. Weitere Parameter (Alter etc.) können in Klassen eingeteilt werden, welche die Signifikanz festgelegter Einflüsse von Klasseneinteilungen überprüfen. LR-Testergebnis $> \chi^2$ weist auf eine Bestätigung der Klassenbildung hin.

5.2.3.2 Likelihood-Ratio-Index ρ^2

Likelihood-Ratio-Index (ρ^2) wird auch als Determinationskoeffizient, Bestimmtheitskoeffizient, quadrierter multipler Korrelationskoeffizient (R^2) oder im Hinblick auf die Regression als erklärter Anteil der Varianz bezeichnet [Bamberg et al., 2008] und ist das wohl bekannteste Maß der "goodness of fit" im linearen Regressionsmodell. Der Wert liegt zwischen Null und Eins und kann durch die Linearität des zugrundeliegenden Modells als Prozentsatz der durch das Modell erklärten Varianz interpretiert werden. Der Likelihood-Ratio-Index steht im nicht-linearen Modell zur Verfügung [vgl. Maier & Weiss, 1990] und definiert sich wie folgt:

$$\rho^2 = 1 - \frac{\ln L(\beta_U)}{\ln L(\beta_R)} \quad (35)$$

$\ln L(\beta_R)$ ist der Likelihood-Wert des Modells, bei dem alle Parameter gleich Null sind, mit Ausnahme von möglichen bestimmten Konstanten. Im Test wird die Wahrscheinlichkeit, die aus der Modellschätzung der beobachteten Stichprobe $L(\beta_U)$ hervorgeht, mit der Wahrscheinlichkeit einer Zufallsstichprobe $L(\beta_R)$ verglichen. Der Likelihood-Ratio-Index verschafft eine rasche Orientierung über die Güte des Modells, wobei man sich auf das angepasste $\bar{\rho}^2$ konzentriert. Ähnlich wie beim \bar{R}^2 sinkt das $\bar{\rho}^2$ bei zusätzlichen erklärenden Variablen nicht. Das unbeschränkte Modell U, das alle gewünschten Verhaltensparameter enthält, wird in Relation zu einem beschränkten Modell R gesetzt. Im beschränkten Modell sind in der Grundeinstellung alle Parameter gleich null gesetzt. Der korrigierte Likelihood-Ratio-Index $\bar{\rho}^2$ bzw. adjusted ρ^2 berichtigt den Verlust an Freiheitsgraden durch das Hinzufügen einer zusätzlichen erklärenden Variablen. Der Ausdruck erhöht sich nur dann, wenn der Erklärungsbeitrag der zusätzlichen Variablen den Verlust an Freiheitsgraden kompensiert. K gibt die Anzahl der erklärenden Variablen.

$$\bar{\rho}^2 = 1 - \frac{\ln L(\beta_U) - K}{\ln L(\beta_R)} \quad (36)$$

Dabei wird das gewünschte Modell mit einem „leeren“ Modell verglichen. ρ^2 nimmt bei dem geschätzten Modell Werte zwischen Null und Eins an. Je höher der Erklärungsgrad, desto näher liegt der Wert des angepassten Modells an Eins. Werte von ρ^2 , welche zwischen 0,15 und 0,35 liegen, entsprechen in etwa den aus der linearen Regression bekannten R^2 -Werten zwischen 0,30 und 0,70. Im Allgemeinen bedeutet das in der Modellierung bereits eine ausreichend genügende Erklärungskraft des Gesamtmodells [Domencich & McFadden, 1975].

Wichtig ist, sich bei der Modellierung nicht ausschließlich auf ρ^2 zu konzentrieren, da die Gefahr besteht, ein zu komplexes, „nicht erklärbares“ Modell zu erzeugen, weil jede zusätzliche Variable ρ^2 erhöht. Dabei werden Modelle identifiziert, welche im Vergleich zu einfachen Modellen mit vielen weiteren Parametern einen nicht wesentlich besseren Aufklärungsgrad der Daten mit sich bringen.

5.2.3.3 (Asymptotischer) t-Test

Mit dem (asymptotischen) t-Test prüft man jede geschätzte Variable der Nutzenfunktion auf die Bedeutsamkeit ihres Einflusses (statistische Signifikanz), also ob sie mit einer definierten Irrtumswahrscheinlichkeit α ungleich Null ist. In diesem Zusammenhang wird der t-Test auch als Signifikanztest bezeichnet [vgl. Maier & Weiss, 1990, S.88]. Im linearen Regressionsmodell sind die geschätzten Parameter Realisationen normalverteilter Zufallsvariablen. Damit der Schätzwert $\hat{\beta}$ ermittelt werden kann, wird für den „wahren“ Wert β_0 eine Nullhypothese formuliert [vgl. Maier et al., 1990, S. 88]. Als angenommene Varianz von β wird $\sigma_{\hat{\beta}}^2$ herangezogen:

$$z = 1 - \frac{\hat{\beta} - \beta_0}{\sqrt{\sigma_{\hat{\beta}}^2}} \quad (37)$$

Im Normalfall ist die Varianz hierbei unbekannt, sodass sie zusätzlich geschätzt werden muss. Daher ist die Varianz nicht mehr normal-, sondern t-verteilt, mit N-1 Freiheitsgraden (N ist in diesem Fall die Anzahl der Beobachtungen). Bei einer größeren Stichprobe ($N > 30$) nähert sich die t-Verteilung

immer mehr der $N(0,1)$ -Verteilung (z-Verteilung, Standardnormalverteilung) an, wodurch der Unterschied zu vernachlässigen ist. Wenn dies der Fall ist, ist es irrelevant, ob eine z- oder eine t-Verteilung angenommen wird [vgl. Maier & Weiss, 1990 S. 88].

Bei der Modellierung in kleineren Stichproben ist im Normalfall die Eigenschaft des Schätzers β nicht bekannt, weswegen auf die asymptotische Eigenschaft zurückgegriffen wird. Bei der Maximum-Likelihood-Schätzung ist bekannt, dass die geschätzten Parameter normalverteilt sind [vgl. Maier et al., 1990]. Ist die Stichprobe groß genug, wird davon ausgegangen, dass die Schätzwerte annähernd normalverteilt sind. Daher ist ein t-Test wie bei kleinen Stichproben zulässig. Da sich bei der Statistik auch die geschätzte Varianz $\sigma_{\hat{\beta}}^2$ der $N(0,1)$ -Verteilung nähert, ist der Unterschied zwischen einer Standardnormal- und einer t-Verteilung belanglos. Aufgrund der Analogie zum linearen Regressionsmodell wird der Begriff „t-Test“ beibehalten [vgl. Maier & Weiss, 1990].

Ist die Voraussetzung einer großen Stichprobe gegeben, ergeben sich folgende zweiseitigen Signifikanzgrenzen aus der t-Verteilung (siehe Tabelle 20):

Tabelle 20: Irrtumswahrscheinlichkeit für zweiseitigen Test [Backhaus et al., 2006]

Freiheitsgrade	Signifikanzniveau		
	90%	95% (signifikant)	99% (hoch signifikant)
500	1,648	1,965	2,586
1.000	1,646	1,962	2,581
> 1.000	1,645	1,960	2,576

Ist der t- bzw. z-Wert größer als 1,96, kann die Nullhypothese, dass die Prädiktorvariable keinen Einfluss auf das Kriterium hat, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% verworfen werden. Das Ergebnis wird in diesem Fall als signifikant bezeichnet. Ab einem beobachteten t-Wert von größer als 2,576 spricht man von hoch signifikantem Zusammenhang, wobei hier die Nullhypothese mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von unter 1% verworfen werden kann. Der Test wird neben der Überprüfung der Vorzeichen der relativen Werte zur Beurteilung des Modells herangezogen.

Bei der Modellierung wird der SP-Datensatz aus der Befragung (siehe Kapitel 4) verwendet. Jeder Fragebogen besteht aus sechs personalisierten Auswahlsets (Choice Sets), die Entscheidungssituationen widerspiegeln. Das bedeutet, dass die Anzahl der berücksichtigten Entscheidungssituationen der sechsfachen Anzahl der Befragten entspricht.

5.2.3.4 Vorzeichen der Parameter

Die vom Modell geschätzten Parameter können aufgrund von Kausalschlüssen bewertet werden. So ist zu erwarten, dass Variablen, welche einen Aufwand beschreiben (Reisezeit, Kosten etc.), negativ in die Nutzenfunktion eingehen. Wohnorte, welche eine sehr gute Anbindung zum öffentlichen Verkehr aufweisen, stellen hingegen beispielsweise einen Nutzengewinn dar, was ein positives Vorzeichen der entsprechenden Koeffizienten erwarten lässt.

5.2.4 Zeitwert - Value of (Travel) Time

Der Value of Travel Time (*VTT, Zeitwert*) ist ein grundlegender Begriff in der Verkehrswirtschaft. Litman [Litman; 2011] zufolge bezieht sich der Value of Travel Time auf die Kosten, die sich aus der dem Personentransport gewidmeten Zeit ergeben. Dies beinhaltet sowohl private, unbezahlte als auch berufliche, vom Arbeitgeber finanzierte Fahrten. Die Value of Travel Time Savings (VTTS, Reisezeitersparnis) spiegeln Litman zufolge den Gewinn durch eine Verringerung der Reisezeitkosten wider. Die Reisezeitersparnis quantifiziert damit die Zahlungsbereitschaft von Reisenden um einen Zeitgewinn zu erzielen bzw. einem Zeitverlust entgegenzuwirken. Der Zeitwert findet etwa bei volkswirtschaftlichen Analysen zu zukünftigen Investitionen im Verkehrssektor Betrachtung. In Österreich liegen bislang keine Untersuchungen vor, die hinsichtlich des Umfangs mit der vorliegenden Studie vergleichbar sind. Bislang wurden die Schätzungen ausländischer Studien (meist Daten aus der Schweiz und Deutschland) als Grundlage für österreichische Konzeptionen herangezogen, wie sie etwa in die RVS 02.01.22 einfließen. Die Übertragbarkeit der übernommenen Zeitwerte für Berufs-, Freizeit- und Einkaufsverkehr wurde dabei nicht im größeren Rahmen überprüft. In der vorliegenden Studie werden aus den in Österreich erhobenen Daten nach unterschiedlichen Fahrtzwecken differenzierte Zeitwerte abgeleitet. Theoretische Grundlagen und Zusammenhänge der Zeitwertforschung werden hierbei von Axhausen et al. [2008] und Vrtic [2004] entnommen und fließen in die Modellkonzeptionen dieser empirischen Arbeit ein.

Aufgrund unterschiedlicher Forschungsfragestellungen (z.B. Reisezwecke), Stichprobencharakteristika (z.B. hinsichtlich Fahrzeiten, Einkommen) und Designs (untersuchte Attribute, Ausprägungen der Attribute) ergeben sich in der vergleichenden Betrachtung internationaler Studien unterschiedliche *VTTS*-Sätze. Den Zeitwert kann man jeweils für einen bestimmten Reisezweck und für ein bestimmtes Verkehrsmittel direkt aus den Parametern der Modelle mit den Stated Preference Daten berechnen. Am Beispiel der linearen Nutzenfunktion (38) des Grundmodells für den motorisierten Individualverkehr wird die Berechnung erläutert:

$$U_{MIV} = \text{Konstante}_{MIV} + \beta_{\text{Reisezeit}_{MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV} + \beta_{\text{Reisekosten}_{MIV}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV} \quad (38)$$

Der Zeitwert $VTTS_{MIV}$ wird aus den geschätzten Parametern Reisezeit und Reisekosten berechnet:

$$VTTS_{MIV} = \frac{\beta_{\text{Reisezeit}_{MIV}}}{\beta_{\text{Reisekosten}_{MIV}}}; \left[\frac{1}{\text{Zeit}} \frac{\text{Kosten}}{1} = \frac{\text{Kosten}}{\text{Zeit}} \right] \quad (39)$$

5.3 Modellspezifikationen und Modellschätzungen

In diesem Abschnitt werden die in der vorliegenden Arbeit entwickelten Modellansätze beschrieben, die empirischen Ergebnisse dargestellt, interpretiert und diskutiert. Durch die Schätzung der Modellparameter wird eine Verbindung zwischen der Auswahlwahrscheinlichkeit und dem beobachteten Verhalten der Entscheidungsträger hergestellt.

Als Basis für die Schätzung des Grundmodells werden jeweils die Beobachtungen aus den Entscheidungen betreffend Berufs-, Freizeit- und Einkaufsverkehr herangezogen. Die aggregierten Daten aus den Beobachtungen der Wahlentscheidungen im Freizeit- und Einkaufsverkehr dienen zusätzlich als Basis für ein viertes Grundmodell.

Aufbauend auf diese Gruppierung werden in weiterer Folge schrittweise die Modelle getrennt für den Berufs-, Freizeit- und/oder Einkaufsverkehr ausgebaut. Einen Überblick über die geschätzten Modelle, deren Erweiterungen und Ergebnisse gibt Tabelle 21.

Tabelle 21: Verzeichnis der Modellansätze

Modelltypen	Modellformulierung	Modellergebnisse
MNL-Grundmodell ohne Berücksichtigung ÖV – Abos	Tabelle 22	Tabelle 23
MNL-Grundmodell mit Berücksichtigung ÖV – Abos	Tabelle 22	Tabelle 24
MNL-Grundmodell + ÖV-Abos	Tabelle 25	Tabelle 26
NL-Grundmodell + ÖV - Abos	Tabelle 27	Tabelle 28
Modell Berufsverkehr inkl. Soziodemografie	Tabelle 29	Tabelle 33
Modell Freizeitverkehr inkl. Soziodemografie	Tabelle 30	Tabelle 33
Modell Einkaufsverkehr inkl. Soziodemografie	Tabelle 31	Tabelle 33
Modell Freizeit- u Einkaufsverkehr inkl. Soziodemografie	Tabelle 32	Tabelle 33
Gemeinsames Modell inkl. Soziodemografie	Tabelle 34	Tabelle 35
Erweitertes Modell für den Berufsverkehr	Tabelle 37	
		Tabelle 41
Erweitertes Modell für den Freizeitverkehr	Tabelle 38	
		Tabelle 41
Erweitertes Modell für den Einkaufsverkehr	Tabelle 39	

Erweitertes Modell für den Freizeit- und Einkaufsverkehr

Tabelle 40

Tabelle 41

Kostenwahrnehmung der Kostenkomponenten

Tabelle 41

Tabelle 42

5.3.1 Grundmodell für die Routenwahl

Zuerst wird ein Grundmodell aus Nutzenfunktionen mit den Zeit- und Kostenvariablen aufgestellt, aus dem in weiterer Folge die Parameter dieser Zeit- und Kostenvariablen geschätzt werden. Die Nutzenfunktionen des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des öffentlichen Verkehrs (ÖV) sind in diesem Modell unterschiedlich formuliert. Es handelt sich hierbei um einen einfachen Modellansatz, bei dem die Nutzenfunktion aus einer reinen Linearkombination der Eigenschaften besteht.

Es ist anzumerken, dass in dieser Studie wird für jedes Experiment und damit für jedes Quelle-Ziel-Paar die Reisezeit mit einem Verkehrsmittel berechnet wurde. Es handelt sich dabei um eine „Tür zu Tür“-Reisezeit, sprich eine reine PKW- oder reine ÖV-Fahrt. Aus diesem Grund ist die Analyse einzelner Etappen oder die Verwendung unterschiedlicher Verkehrsmittel für eine Route hier nicht vorgesehen.

In Tabelle 22 sind die Nutzenfunktionen des MNL-Grundmodells dargestellt. Sie setzen sich aus den Zeit- und Kostenvariablen zusammen, welche sich wiederum aus den Entscheidungsvariablen ergeben. Die Erläuterungen der einzelnen Variablen werden im Anhang D ausgeführt.

Die in diesem Kapitel beschriebenen Nutzenfunktionen gelten (sofern nicht näher spezifiziert) jeweils für den Berufsverkehr, Einkaufsverkehr, Freizeitverkehr sowie die Übergruppe Einkaufs- und Freizeitverkehr.

Infolge der unterschiedlichen Routeneigenschaften der Choice Set - Alternativen 1 bis 3 (MIV) wird für die daraus abgeleiteten Nutzenfunktionen U_{MIV1} bis U_{MIV3} ein spezifischer konstanter Term angenommen (Konstante_{MIV1} bis Konstante_{MIV3}). Durch diese Konstanten werden nicht erhobene und nicht quantifizierte Einflussfaktoren der Routen repräsentiert [Vrtic et al., 2007, S. 117]. Die Untersuchung der Modelle mit nur einer Konstante zeigte, dass auch bei den erweiterten Modellen (mit beispielsweise soziodemografischen Variablen) die Vorzeichen und die Zeitkosten teilweise nicht plausibel sind. Die Konstanten brauchen in weiterer Folge nicht genauer betrachtet werden.

Tabelle 22: MNL-Grundmodell

Nutzenfunktionen	
U_{MIV1}	$= \text{Konstante}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV1}$
U_{MIV2}	$= \text{Konstante}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV2}$
U_{MIV3}	$= \text{Konstante}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV3}$
U_{OEV}	$= \beta_{\text{Reisezeit OEV}} \cdot \text{Reisezeit}_{OEV} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{OEV}$

Die Ergebnisse der MNL-Grundmodelle, welche die unterschiedlichen Fahrtzwecke berücksichtigen, sind wichtig, weil sie richtungweisend für weitere Ergänzungen und für eine erste Abschätzung der Größenordnungen der Zeitwerte der einzelnen Fahrtzwecke sind. Tabelle 23 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die Ergebnisse der MNL-Grundmodelle.

Die Zeitwerte für den motorisierten Individualverkehr sind erwartungsgemäß für den Berufsverkehr höher als für den Einkaufsverkehr und Freizeitverkehr. Beim öffentlichen Verkehr sind gegenüber dem motorisierten Individualverkehr deutlich höhere Zeitwerte zu verzeichnen, was im Widerspruch zu den Ergebnissen früherer Arbeiten steht [vgl. Van Amelsfort, 2009; Vrtic, 2004].

Tabelle 23: Ergebnisse der MNL-Grundmodelle ohne Berücksichtigung ÖV - Abos

Modell		Berufsverkehr		Einkaufsverkehr		Freizeitverkehr		Einkaufs- u. Freizeitverkehr	
Modell Charakteristika									
N		4.140		5.316		5.946		11.262	
L (0)		-5.739.259		-7.369.541		-8.242.906		-15.612.447	
L (C)		-5.429.638		-7.072.423		-8.021.810		-15.101.809	
LL – Ratio Test		942.756		1.227.956		1.042.851		2.087.098	
Adjusted ρ^2		0,081		0,082		0,063		0,066	
Variablen	Einheit	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test
$\beta_{\text{Reisezeit MIV}}$	1/min	-0,029	-10,46**	-0,035	-9,15**	-0,013	-5,98**	-0,018	9,69**
$\beta_{\text{Reisezeit OEV}}$	1/min	-0,041	-13,38**	-0,047	-11,84**	-0,034	-15,49**	-0,038	-19,97**
$\beta_{\text{Reisekosten}}$	1/€	-0,060	-8,08**	-0,235	-18,45**	-0,096	-16,01**	-0,123	-22,43**
$Konstante_{MIV1}$		0,556	8,42**	1,000	11,12**	0,232	3,45**	0,494	10,35**
$Konstante_{MIV2}$		-0,047	-0,63	0,483	5,07**	-0,171	-2,37**	0,046	0,89
$Konstante_{MIV3}$		-0,228	-2,74**	0,296	2,81**	-0,455	-5,59**	-0,201	-3,48**
Zeitwert MIV	€/h	29,45		9,01		7,81		8,73	
Zeitwert OEV	€/h	41,14		12,03		21,13		18,34	

* signifikant auf dem 95%-Niveau ($p < 0,05$)

** hoch signifikant auf dem 99%-Niveau ($p < 0,01$)

Wie Tabelle 23 zeigt, erreichte die Modellschätzung für alle untersuchten Modelle statistische Signifikanz ($p < 0,05$). Die Modellpassung (ρ^2) ist mit 6,3% bis 8,2% erklärter Varianz jeweils als niedrig einzustufen. In weiteren Analysen zeigt sich bei einem gemeinsamen Reisezeitparameter für MIV und ÖV eine etwas niedrigere Güte (ρ^2) als bei getrennter Schätzung des Reisezeitparameters für MIV und ÖV. Insbesondere sind jedoch die Zeitwerte bei den erweiterten Modellen hinsichtlich ihrer Größenordnung nicht plausibel. Daher wurden diese Ansätze wieder verworfen.

Bereits nach den ersten Schätzungen waren die Zeitwerte des ÖVs höher als die des motorisierten Individualverkehrs. Diese Tatsache stellt einen systematischen Fehler dar. Bei den Modellschätzungen wurden zwar die ÖV-Abos (Monats-, Halb-, Jahreskarte) in Form von Parametern ausgedrückt, aber der Wert des Ticketpreises bei Abo-Besitzern nicht auf null gesetzt. Aus diesem Grund wurde der tatsächliche Preis im Datensatz nicht angemessen abgebildet.

Um diesen systematischen Fehler zu eliminieren, wurde die Variable der Ticketkosten in BIOGEME nach folgendem Algorithmus transformiert:

$$\text{OEV_Kosten_Check1} = \text{ticketType_No} \neq 0$$

$$\text{OEV_Kosten_New} = \text{OEV_Kosten_Check1} * \text{routeVariants3_costtotal}$$

Mit dieser Ergänzung wurden alle Modelle und Variationen für die vorliegende Studie nochmals entwickelt und analysiert (ab Tabelle 4). Für zukünftige Studien wird ausdrücklich darauf verwiesen, ÖV-Abos von Beginn an zu berücksichtigen und sie in die Berechnung des Ticketpreises einfließen zu lassen. Die Ergebnisse aus den Folgeberechnungen können aus Tabelle 24 entnommen werden. Dabei sind die Zeitwerte für den ÖV im Hinblick auf alle Reisezwecke erwartungsgemäß niedriger. Diese Modellschätzung wurde in der Folge als Grundmodell für die aufbauenden Erweiterungen der Routenwahlmodelle herangezogen.

Tabelle 24: Ergebnisse der MNL-Grundmodelle unter Berücksichtigung der ÖV-Abos

Modell		Berufsverkehr		Einkaufsverkehr		Freizeitverkehr		Einkaufs- u. Freizeitverkehr	
Modell Charakteristika									
N		4.140		5.316		5.946		11.262	
L (0)		-5.739.259		-7.369.541		-15.612.447		-8.242.906	
L (C)		-5.429.638		-7.072.423		-15.101.809		-8.021.810	
LL – Ratio Test		972.251		1.318.739		2.060.248		972.093	
Adjusted ρ^2		0,084		0,089		0,066		0,058	
Variablen	Einheit	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test
$\beta_{\text{Reisekosten MIV}}$	1/€	-0,0526	-9,47**	-0,2390	-20,02**	-0,0939	-20,85**	-0,0658	-13,56**
$\beta_{\text{Reisekosten OEV}}$	1/€	-0,1160	-8,01**	-0,2190	-10,12**	-0,1370	-13,45**	-0,1090	-9,79**
$\beta_{\text{Reisezeit}}$	1/min	-0,0335	-12,68**	-0,0459	-13,63**	-0,0295	-17,87**	-0,0246	-13,12**
$Konstante_{MIV1}$		0,7300	13,27**	1,4600	19,45**	0,9300	21,53**	0,7690	13,15**
$Konstante_{MIV2}$		0,1570	2,75**	0,9700	13,80**	0,5770	14,04**	0,4920	8,99**
$Konstante_{MIV3}$		0,0029	0,05	0,8280	11,27**	0,4050	9,34**	0,3010	5,23**
Zeitwert MIV	€/h	38,21		11,52		18,85		22,43	
Zeitwert OEV	€/h	17,33		12,58		12,92		13,54	

* signifikant auf dem 95%-Niveau ($p < 0,05$)

** hoch signifikant auf dem 99%-Niveau ($p < 0,01$)

Auch unter Berücksichtigung der ÖV-Abos erreichten alle geschätzten Parameter der Modellspezifikationen statistische Signifikanz ($p < 0,01$; siehe Tabelle 24). Zugleich ist ein geringfügiger Anstieg der Modellgüte der Modelle für die einzelnen Reisezwecke mit der Nullsetzung der ÖV-Abos zu beobachten (Anstieg des ρ^2 um 0,003 bis 0,007, d.h. 0,3 bis 0,7% Varianzanteil), wohingegen im kombinierten Modell für den Einkaufs- und Freizeitverkehr der Anteil der durch das Modell erklärten Varianz um 0,8% sinkt.

Die geschätzten Parameter (Tabelle 24) weisen durchwegs den erwarteten (negativen) Zusammenhang zum Kriterium der Nutzenfunktion, der Routenwahlentscheidung, auf. Betreffend der Größenordnung der Zeitwerte und dem Verhältnis der Zeitwerte bei unterschiedlichen Fahrtzwecken sind die Werte plausibel und mit anderen ähnlichen internationalen Studien [Zeitkostenstudien Schweiz: Axhausen & Abay, 2000; Vrtic et al., 2006b] vergleichbar. Die Modellgüten der einfachen Modelle bieten geringes, jedoch ausreichendes und inhaltlich schlüssiges Erklärungspotential.

Die Zeitwerte des motorisierten Individualverkehrs sind für den Berufsverkehr (38,21 €/h) mehr dreimal so hoch wie für den Einkaufsverkehr (11,52 €/h) und doppelt so hoch wie für den Freizeitverkehr (18,85 €/h). Dies spiegelt die Tatsache wider, dass im Berufsverkehr die Reisezeit wesentlich relevanter für die Routenwahlentscheidung ist und Personen hier deutlich stärker auf eine Verlängerung der Reisezeit reagieren als bei anderen Fahrtzwecken. Beim Reisezweck Einkaufsverkehr ist der Zeitwert am geringsten. Im öffentlichen Verkehr hingegen erreichen Einkaufs- und Freizeitverkehr vergleichbare Zeitwerte. Im Gegensatz zu den Schweizer Studien [Vrtic et al., 2006b], wo der Einkaufsverkehr einen höheren Zeitwert aufweist als der Freizeitverkehr, stehen die Zeitwerte der vorliegenden Modellschätzungen hinsichtlich des motorisierten Individualverkehrs zueinander genau im umgekehrten Verhältnis (EV : FV = 1 : 1,64), hinsichtlich des öffentlichen Verkehrs finden sich vergleichbare Zeitwerte (VTTS = 13 €/h).

In weiterer Folge wurden die Variablen „Besitzer von ÖV-Monatskarten“ und „Besitzer von ÖV-Jahreskarten“ für den öffentlichen Verkehr als Prädiktoren eingeführt (siehe Tabelle 25).

Tabelle 25: MNL-Grundmodell + ÖV-Abos

Nutzenfunktion
$U_{MIV1} = \text{Konstante}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV1}$
$U_{MIV2} = \text{Konstante}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV2}$
$U_{MIV3} = \text{Konstante}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV3}$
$U_{OEV} = \beta_{\text{Reisezeit OEV}} \cdot \text{Reisezeit}_{OEV} + \beta_{RK} \cdot \text{Reisekosten}_{OEV} + \beta_{\text{ÖV-(Halb)Jahr}} \cdot \text{ÖV-Jahreskarten-Besitzer} + \beta_{\text{ÖV-Monat}} \cdot \text{ÖV-Monatskarten-Besitzer}$

Die Modellergebnisse in Tabelle 26 zeigen, sowohl bei Monats- als auch bei Jahresabos, einen signifikanten systematischen Einfluss der Variable ÖV-Zeitkarten-Besitz (mit Ausnahme von Monatsabos im Berufsverkehr) auf die Wahlentscheidung. Bei differenzierter Betrachtung der einzelnen Fahrtzwecke wird im Berufsverkehr ein doppelt so hoher Parameter für den Besitz von Jahreskarten ($\beta = 0,56$; $p < 0,01$) wie für den Besitz von Monatskarten ($\beta = 0,21$; n.s.) erkennbar. Bei den Modellergebnissen zum Freizeitverkehr sind die Werte für die Monatskarten-Besitzer ($\beta = 0,72$; $p < 0,01$) höher als die der Jahreskarten-Besitzer ($\beta = 0,56$; $p < 0,01$). Für den Einkaufsverkehr ergeben sich nahezu vergleichbare Parameter (Monatskarte: $\beta = 0,55$; $p < 0,01$; Jahreskarte: $\beta = 0,62$; $p < 0,01$). Diese Ergebnisse legen nahe, dass sich Personen mit einer ÖV-Jahreskarte am Arbeitsweg stark an den öffentlichen Verkehr binden, während die Routenwahlentscheidung bei einem Einkaufs- oder Freizeitziel weniger stark durch den ÖV-Jahreskartenbesitz beeinflusst wird.

Die Betrachtung der Inferenzstatistik der einzelnen Parameter für Reisezeit und Reisekosten zeigt, dass die Zeitkomponente im Berufsverkehr ($t = -12,90$) mehr zur Vorhersage der Wahlentscheidung beiträgt, als die Kostenkomponente ($t = -7,62$). Hinsichtlich des Einkaufs- und Freizeitverkehrs hingegen ist das Bild weniger eindeutig: Bei Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel lässt sich hier ebenfalls ein stärkere Bedeutung der Zeitkomponente im Vergleich zur Kostenkomponente beobachten. Bei Nutzung des PKW im Einkaufsverkehr ist ähnlich wie bei Kribernegg [2005] der umgekehrte Fall festzustellen. Bei PKW-Nutzung im Freizeitverkehr tragen die Zeit- und Kostenkomponente gleichermaßen zur Vorhersage durch das Modell bei.

Tabelle 26: Ergebnisse des MNL-Grundmodells + ÖV-Abos

Modell	Berufsverkehr	Einkaufsverkehr	Freizeitverkehr	Einkaufs- u. Freizeitverkehr
Modell Charakteristika				
N	4.140	5.316	5.946	11.262
L (0)	-5.739.259	-7.369.541	-8.242.906	-15.612.447
L (C)	-5.429.638	-7.072.423	-8.021.810	-15.101.809
LL – Ratio Test	990.985	1.349.868	1.023.726	2.143.916
Adjusted ρ^2	0,085	0,09	0,061	0,068

Variablen	Einheit	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test
$\beta_{\text{Reisekosten MIV}}$	1/€	-0,0439	-7,62**	-0,2270	-18,79**	-0,0578	-11,59**	-0,0845	-18,29**
$\beta_{\text{Reisekosten OEV}}$	1/€	-0,0852	-5,27**	-0,1240	-4,67**	-0,0574	-4,39**	-0,0738	-6,24**
$\beta_{\text{Reisezeit}}$	1/min	-0,0344	-12,90**	-0,0498	-14,45**	-0,0269	-13,99**	-0,0322	-19,04**
$\beta_{\text{ÖV-(Halb)Jahr}}$		0,5580	4,39**	0,6180	5,37**	0,5390	5,61**	0,5760	7,99**
$\beta_{\text{ÖV-Monat}}$		0,2130	1,54	0,5500	3,44**	0,8660	6,23**	0,7200	7,02**
$Konstante_{MIV1}$		0,8270	13,51**	1,7400	18,93**	1,0200	14,31**	1,1800	22,43**
$Konstante_{MIV2}$		0,2700	4,18**	1,2800	14,08**	0,7670	10,94**	0,8540	16,28**
$Konstante_{MIV3}$		0,1220	1,74	1,1500	12,12**	0,5930	8,03**	0,6980	12,63**
Zeitwert MIV	€/h	47,02		13,16		27,92		22,86	
Zeitwert OEV	€/h	24,23		24,10		28,12		26,18	

* signifikant auf dem 95%-Niveau ($p < 0,05$)

** hoch signifikant auf dem 99%-Niveau ($p < 0,01$)

Alle geschätzten Parameter weisen, nach logischen Kriterien betrachtet, das richtige Vorzeichen auf. Das bedeutet, dass höhere Kosten und längere Reisezeiten den Nutzen der jeweiligen Alternative und damit die Auswahlwahrscheinlichkeit verringern. Monatskarten und Jahreskarten für den ÖV erhöhen hingegen den Nutzen und weisen daher positive Vorzeichen auf. Alle geschätzten Parameter sind signifikant. Die Modellgüte erhöht sich durch Einführung der ÖV-Abos jedoch nicht ($\rho^2 = 0,06$ bis $0,09$).

Zudem sind die berechneten Zeitwerte für den öffentlichen Verkehr durchgängig höher als im Modell davor (Tabelle 24) und scheinen in Relation zu den Zeitwerten für den motorisierten Individualverkehr nicht plausibel.

Im MNL-Modell können Ergebnisse verfälscht werden, wenn es systematische Beziehungen zwischen mindestens zwei Alternativen gibt, wenn also die IIA-Annahme verletzt ist. Das Nested Logit Modell (NL) kann dieses Problem lösen [Kribernegg, 2005]. In Tabelle 27 werden die Nutzenfunktionen des MNL-Modells als NL-Modell dargestellt. In der ganzen Studie werden die NL Formulierungen wie folgt festgelegt; das erste Nest bilden die MIV – Alternativen mit den Funktionen $U_{MIV1} - U_{MIV3}$ und das zweite Nest die ÖV Alternative mit der Funktion U_{OEV} .

Tabelle 27: Grundmodell für die NL-Schätzung

Nutzenfunktion
$U_{MIV1} = Konstante_{MIV1} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot Reisezeit_{MIV1} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot Reisekosten_{MIV1}$
$U_{MIV2} = Konstante_{MIV2} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot Reisezeit_{MIV2} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot Reisekosten_{MIV2}$
$U_{MIV3} = Konstante_{MIV3} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot Reisezeit_{MIV3} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot Reisekosten_{MIV3}$
$U_{OEV} = Konstante_{OEV} + \beta_{\text{Reisezeit OEV}} \cdot Reisezeit_{OEV} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot Reisekosten_{OEV}$ $+ \beta_{\text{ÖV-(Halb-)Jahr}} \cdot \text{ÖV-Jahreskarten-Besitzer} + \beta_{\text{ÖV-Monat}} \cdot \text{ÖV-Monatskarten-Besitzer}$

Im Vergleich zum MNL-Modell erreicht das NL-Modell eine etwas höhere Modellgüte ($\rho^2 = 0,08$ bis $0,10$). Wie Tabelle 28 zeigt, sind die geschätzten Parameter für Reisezeit und Reisekosten bei allen Reisezwecken kleiner als im MNL-Modell. Hinsichtlich der Reisezeitersparnis ergeben sich im NL-Modell verglichen mit dem MNL-Modell niedrigere und plausiblere Werte (MIV > ÖV bei den

einzelnen Fahrtzwecken). Das Größenverhältnis zwischen den Parametern für ÖV-Jahreskarte und ÖV-Monatskarte im Berufsverkehr ist noch ausgeprägter als im MNL-Modell.

Damit kann gesagt werden, dass der Nutzen einer ÖV-Jahreskarte am Arbeitsweg anhand dieses Modells mehr als doppelt so hoch zu schätzen ist, wie der Nutzen einer ÖV-Monatskarte.

Das in Tabelle 27 dargestellte NL-Modell dient als Ausgangspunkt für die folgenden Modellerweiterungen.

Tabelle 28: Ergebnisse des NL-Grundmodells + ÖV-Abos (Tabelle 27)

Modell	Berufsverkehr	Einkaufsverkehr	Freizeitverkehr	Einkaufs- u. Freizeitverkehr					
Modell Charakteristika									
N	4.140	5.316	5.946	11.262					
L (0)	-5.739.259	-15.612.447	-8.242.906	-7.369.541					
L (C)	-5.429.638	-15.101.809	-8.021.810	-7.072.423					
LL – Ratio Test	1.032.507	2.618.996	1.313.884	1.474.603					
Adjusted ρ^2	0,088	0,083	0,079	0,099					
Variablen	Einheit	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test
$\beta_{\text{Reisekosten MIV}}$	1/€	-0,0405	-9,21**	-0,0433	-10,18**	-0,0291	-6,96**	-0,1420	-10,88**
$\beta_{\text{Reisekosten OEV}}$	1/€	-0,0702	-5,02**	-0,0675	-6,76**	-0,0558	-5,07**	-0,1100	-4,57**
$\beta_{\text{Reisezeit}}$	1/min	-0,0237	-9,10**	-0,0101	-8,52**	-0,0073	-5,89**	-0,0276	-8,87**
$\beta_{\text{ÖV-(Halb)Jahr}}$		0,5830	4,77**	0,5610	8,30**	0,5080	5,61**	0,5970	5,50**
$\beta_{\text{ÖV-Monat}}$		0,2110	1,18	0,7370	7,42**	0,8670	6,43**	0,5520	3,60**
$Konstante_{MIV1}$		1,2100	17,63**	1,6500	36,01**	1,5700	25,36**	1,8500	22,71**
$Konstante_{MIV2}$		0,9680	10,95**	1,5600	33,29**	1,5100	23,88**	1,6400	20,57**
$Konstante_{MIV3}$		0,9320	9,83**	1,5400	32,30**	1,4900	23,22**	1,6100	19,77**
Zeitwert MIV	€/h	35,11		14,00		14,95		11,66	
Zeitwert OEV	€/h	20,26		8,98		7,80		15,05	

* signifikant auf dem 95%-Niveau ($p < 0,05$)

** hoch signifikant auf dem 99%-Niveau ($p < 0,01$)

5.3.2 Einbezug soziodemografischer Variablen

Aufbauend auf dem NL-Grundmodell (Tabelle 27) wird das Modell mit personenspezifischen und signifikanten soziodemografischen Prädiktorvariablen erweitert.

Als personenspezifische Charakteristika der Verkehrsteilnehmer wurden z.B. Geschlecht, Alter, Haushaltsgröße, Einkommen, PKW-Verfügbarkeit und weitere Eigenschaften (Autokategorie, Jahresfahrleistung) in die Modellschätzungen eingeführt.

Weiters wurden die von den Probanden angegebenen Wohn- und Zielorte für die Modellschätzung kategorisiert, zum einen nach der Einwohnerzahl und zum anderen nach der „Siedlungsstruktur“ [vgl. Bobek & Fesl, 1978; Lichtenberger, 2002; ÖROK 174, 2007]. Für die Kategorienbildung der Variable „Siedlungsstruktur“ wurden alle Orte in Anlehnung an die ÖROK 174 anhand folgender Kriterien bewertet:

- Erreichbarkeitsverhältnisse von überregionalen und regionalen Zentren hinsichtlich Versorgungsqualität der Bevölkerung
- Bildungs- und Qualifizierungsangebote am regionalen Arbeitsmarkt

Daraus wurden, ähnlich wie bei Bobek und Fesl [1978], folgende Gruppen abgeleitet:

9. Gruppe	Stadtreionen (Kernstadt + Umlandgemeinden)
8. Gruppe	
7. Gruppe	⋮
6. Gruppe	
5. Gruppe	Zentrale Orte
4. Gruppe	
3. Gruppe	⋮
2. Gruppe	
1. Gruppe	Ländlicher Raum

Auf Basis der Erhebung wurden rund 160 Variablen (siehe Anhang D) hinsichtlich ihrer Vorhersagekraft für die Routenwahlentscheidung untersucht und zur Schätzung weiterer Parameter der Routenwahlmodelle herangezogen.

Diese Variablen wurden sukzessive in die Modelle aufgenommen, auf Vorzeichen und Signifikanz getestet und entsprechend dem Ergebnis entweder im Modell belassen oder wieder ausgeschlossen. Wenn die Variable, um die das Modell erweitert wird, mit einer bereits vorhandenen Variablen korreliert, so müssen eine oder mehrere Variablen wieder aus dem Modell entfernt werden um die tatsächliche Vorhersagegüte der jeweiligen Variable abbilden zu können und die Modellschätzung um Redundanzen zu bereinigen. Dadurch ergibt sich eine sehr hohe Anzahl möglicher Kombinationen und damit möglicher Nutzenfunktionen.

Mit dem schrittweisen Vorgehen sollte der Einfluss soziodemografischer, personenspezifischer und kontextueller, sowie restriktiver Merkmale auf die das Routenwahlverhalten bei unterschiedlichen Reisezwecken ermittelt werden. Für Parameter, welche für alle vier Reisezwecke nicht-signifikante Werte aufwiesen, erfolgte eine erneute Modellschätzung ohne die entsprechenden Merkmale.

BIOGEME setzt ein metrisches Skalenniveau voraus. Bei der Modellierung nominalskalierten Variablen kommen so genannte Dummy-Variablen zum Einsatz. Eine Dummy-Variable ist eine binäre Variable mit der Ausprägung 0 oder 1. Sie ist Platzhalter für ein Merkmal oder die Ausprägung von mehrstufigen Variablen. Zusätzlich wurden auf Basis der ersten 500 Modellschätzungen bestimmte Variablen kategorisiert (Altersklassen, Autokategorien etc.) und weitere Dummy-Variablen gebildet.

In den nachfolgenden Tabellen (Tabelle 29 bis Tabelle 32) werden die Modelle mit signifikanten soziodemografischen Prädiktoren für die vier Reisezwecke dargestellt. Die Modelle wurden jeweils um die nicht-signifikanten Parameter bereinigt.

Die Variablen Monats- und Jahreskarte wurden zu einer Variable zusammengefasst.

Tabelle 29: Modell für den Berufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften

Nutzenfunktion
$U_{MIV1} = \text{Konstante}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV1}$ $+ \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} + \beta_{\text{Selbstständig}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Selbstständig}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Distanz <20 km}} \cdot \text{Reisedistanz}_{<20 \text{ km}}$ $+ \beta_{\text{Mann}} \cdot \text{Geschlecht}_{\text{Mann}} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000 \text{ km}}$ $+ \beta_{>136 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136 \text{ PS}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Type}_{\text{Sport/SUV/VAN}}$ $+ \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 8-9}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 8-9}}$
$U_{MIV2} = \text{Konstante}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV2}$ $+ \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} + \beta_{\text{Selbstständig}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Selbstständig}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Distanz <20 km}} \cdot \text{Reisedistanz}_{<20 \text{ km}}$ $+ \beta_{\text{Mann}} \cdot \text{Geschlecht}_{\text{Mann}} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000 \text{ km}}$ $+ \beta_{>136 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136 \text{ PS}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Type}_{\text{Sport/SUV/VAN}}$ $+ \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 8-9}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 8-9}}$
$U_{MIV3} = \text{Konstante}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV3}$ $+ \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} + \beta_{\text{Selbstständig}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Selbstständig}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Distanz <20 km}} \cdot \text{Reisedistanz}_{<20 \text{ km}}$ $+ \beta_{\text{Mann}} \cdot \text{Geschlecht}_{\text{Mann}} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000 \text{ km}}$ $+ \beta_{>136 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136 \text{ PS}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Type}_{\text{Sport/SUV/VAN}}$ $+ \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 8-9}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 8-9}}$
$U_{OEV} = \text{Konstante}_{OEV} + \beta_{\text{Reisezeit OEV}} \cdot \text{Reisezeit}_{OEV} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{OEV}$ $+ \beta_{\text{ÖV-Jahr+Monatskarte}} \cdot \text{ÖV-Jahres/Monatskarten-Besitzer}$

Tabelle 30: Modell für den Freizeitverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften

Nutzenfunktion
$U_{MIV1} = \text{Konstante}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV1}$ $+ \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}}$ $+ \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000 \text{ km}} + \beta_{\text{Kinder im Haushalt}} \cdot \text{Kinder im Haushalt}$ $+ \beta_{<81 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{<81 \text{ PS}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}}$ $+ \beta_{\text{Type Mittel-/Oberklasse}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Mittel-/Oberklasse}} + \beta_{\text{Start Einwohner >20.000}} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner >20.000}}$ $+ \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} + \beta_{\text{Ziel Einwohner >5.000 <25.000}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Einwohner >5.000 <25.000}}$
$U_{MIV2} = \text{Konstante}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV2}$ $+ \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}}$ $+ \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000 \text{ km}} + \beta_{\text{Kinder im Haushalt}} \cdot \text{Kinder im Haushalt}$ $+ \beta_{<81 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{<81 \text{ PS}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}}$

$$\begin{aligned}
& + \beta_{\text{Type Mittel-/Oberklasse}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Mittel-/Oberklasse}} + \beta_{\text{Start Einwohner}>20.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >20.000} \\
& + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} + \beta_{\text{Ziel Einwohner } >5.000 <25.000} \cdot \text{Ziel}_{\text{Einwohner } >5.000 <25.000} \\
U_{\text{MIV3}} = & \text{Konstante}_{\text{MIV3}} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{MIV3}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{MIV3}} \\
& + \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}} \\
& + \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}} \\
& + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} + \beta_{\text{Kinder im Haushalt}} \cdot \text{Kinder im Haushalt} \\
& + \beta_{<81\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{<81\text{PS}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} \\
& + \beta_{\text{Type Mittel-/Oberklasse}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Mittel-/Oberklasse}} + \beta_{\text{Start Einwohner}>20.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >20.000} \\
& + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} + \beta_{\text{Ziel Einwohner } >5.000 <25.000} \cdot \text{Ziel}_{\text{Einwohner } >5.000 <25.000} \\
U_{\text{OEV}} = & \text{Konstante}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{Reisezeit OEV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{OEV}} \\
& + \beta_{\text{ÖV-Jahr+Monatskarte}} \cdot \text{ÖV-Jahres/Monatskarten-Besitzer}
\end{aligned}$$

Tabelle 31: Modell für den Einkaufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften

Nutzenfunktion

$$\begin{aligned}
U_{\text{MIV1}} = & \text{Konstante}_{\text{MIV1}} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{MIV1}} + \beta_{\text{RK}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{MIV1}} \\
& + \beta_{\text{Alter 21-40}} \cdot \text{Alter}_{21-40} + \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Bildung Matura/Kolleg/UNI}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Matura/Kolleg/UNI}} \\
& + \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \\
& + \beta_{\text{HausEinkommen } >2.000\text{€ } <3.500\text{€}} \cdot \text{Haushaltseinkommen}_{>2.000\text{€ } <3.500\text{€}} \\
& + \beta_{\text{Distanz } <20\text{ km}} \cdot \text{Reisedistanz}_{<20\text{ km}} + \beta_{\text{PersonEinkommen } >3.500\text{€}} \cdot \text{PersonEinkommen}_{>3.500\text{€}} \\
& + \beta_{\text{Start Einwohner } >1.000 <5.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >1.000 <5.000} + \beta_{>136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136\text{PS}} \\
& + \beta_{>81\text{PS } <136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>81\text{PS } <136\text{PS}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} \\
& + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} \\
& + \beta_{\text{Auto Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Sport/SUV/VAN}} \\
U_{\text{MIV2}} = & \text{Konstante}_{\text{MIV2}} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{MIV2}} + \beta_{\text{RK}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{MIV2}} \\
& + \beta_{\text{Alter 21-40}} \cdot \text{Alter}_{21-40} + \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Bildung Matura/Kolleg/UNI}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Matura/Kolleg/UNI}} \\
& + \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \\
& + \beta_{\text{HausEinkommen } >2.000\text{€ } <3.500\text{€}} \cdot \text{Haushaltseinkommen}_{>2.000\text{€ } <3.500\text{€}} \\
& + \beta_{\text{Distanz } <20\text{ km}} \cdot \text{Reisedistanz}_{<20\text{ km}} + \beta_{\text{PersonEinkommen } >3.500\text{€}} \cdot \text{PersonEinkommen}_{>3.500\text{€}} \\
& + \beta_{\text{Start Einwohner } >1.000 <5.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >1.000 <5.000} + \beta_{>136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136\text{PS}} \\
& + \beta_{>81\text{PS } <136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>81\text{PS } <136\text{PS}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} \\
& + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} \\
& + \beta_{\text{Auto Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Sport/SUV/VAN}} \\
U_{\text{MIV3}} = & \text{Konstante}_{\text{MIV3}} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{MIV3}} + \beta_{\text{RK}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{MIV3}} \\
& + \beta_{\text{Alter 21-40}} \cdot \text{Alter}_{21-40} + \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Bildung Matura/Kolleg/UNI}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Matura/Kolleg/UNI}} \\
& + \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \\
& + \beta_{\text{HausEinkommen } >2.000\text{€ } <3.500\text{€}} \cdot \text{Haushaltseinkommen}_{>2.000\text{€ } <3.500\text{€}} \\
& + \beta_{\text{Distanz } <20\text{ km}} \cdot \text{Reisedistanz}_{<20\text{ km}} + \beta_{\text{PersonEinkommen } >3.500\text{€}} \cdot \text{PersonEinkommen}_{>3.500\text{€}} \\
& + \beta_{\text{Start Einwohner } >1.000 <5.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >1.000 <5.000} + \beta_{>136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136\text{PS}} \\
& + \beta_{>81\text{PS } <136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>81\text{PS } <136\text{PS}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} \\
& + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} \\
& + \beta_{\text{Auto Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Sport/SUV/VAN}}
\end{aligned}$$

$$U_{\text{OEV}} = \text{Konstante}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{Reisezeit OEV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{RK}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{ÖV-Jahr+Monatskarte}} \cdot \text{ÖV-Jahres/Monatskarten-Besitzer}$$

Tabelle 32: Modell für den Freizeit- und Einkaufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften

Nutzenfunktion
$U_{\text{MIV1}} = \text{Konstante}_{\text{MIV1}} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{MIV1}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{MIV1}}$ $+ \beta_{\text{Automobilklub}} \cdot \text{Automobilklub} + \beta_{\text{Beruf Sonstiges}} \cdot \text{Stellung im Beruf}_{\text{Sonstiges}}$ $+ \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}}$ $+ \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} + \beta_{<81 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{<81 \text{ PS}}$ $+ \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}}$ $+ \beta_{\text{Type Mini/Klein/Kompakt}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Mini/Klein/Kompakt}} + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 4-7}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 4-7}}$
$U_{\text{MIV2}} = \text{Konstante}_{\text{MIV2}} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{MIV2}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{MIV2}}$ $+ \beta_{\text{Automobilklub}} \cdot \text{Automobilklub} + \beta_{\text{Beruf Sonstiges}} \cdot \text{Stellung im Beruf}_{\text{Sonstiges}}$ $+ \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}}$ $+ \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} + \beta_{<81 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{<81 \text{ PS}}$ $+ \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}}$ $+ \beta_{\text{Type Mini/Klein/Kompakt}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Mini/Klein/Kompakt}} + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 4-7}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 4-7}}$
$U_{\text{MIV3}} = \text{Konstante}_{\text{MIV3}} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{MIV3}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{MIV3}}$ $+ \beta_{\text{Automobilklub}} \cdot \text{Automobilklub} + \beta_{\text{Beruf Sonstiges}} \cdot \text{Stellung im Beruf}_{\text{Sonstiges}}$ $+ \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}}$ $+ \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} + \beta_{<81 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{<81 \text{ PS}}$ $+ \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}}$ $+ \beta_{\text{Type Mini/Klein/Kompakt}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Mini/Klein/Kompakt}} + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 4-7}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 4-7}}$
$U_{\text{OEV}} = \text{Konstante}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{Reisezeit OEV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{OEV}}$ $+ \beta_{\text{ÖV-Jahr+Monatskarte}} \cdot \text{ÖV-Jahres/Monatskarten-Besitzer}$

Die in der schrittweisen Modellerweiterung identifizierten, für das Routenwahlverhalten relevanten soziodemografischen Merkmale sind: Alterskategorie, Geschlecht, höchste abgeschlossene Schulbildung, Haushaltseinkommen, Siedlungsstruktur des Wohn- und Zielortes (Großstadt, urbaner Raum), Fahrzeughalter, Beschäftigungsverhältnis, Eigenschaften des gefahrenen Autos (Kategorie des Autos, Motorleistung, Antriebsart), Fahrleistung pro Jahr, Einkommen, Kind(er) im Haushalt bzw. Anzahl der Kinder im Haushalt, Länge der Route, Mitglied in einem Automobilclub.

Kein signifikanter Einfluss konnte unter Anderem bezüglich der Anzahl der Personen im Haushalt, der Einwohnerzahl des Wohn- und Zielortes, der Automarke, dem Berufsstand festgestellt werden. Die Ergebnisse der Modellschätzung der in Tabelle 29 bis Tabelle 32 dargestellten Modellspezifikationen sind in Tabelle 33 zusammengefasst.

Tabelle 33: Ergebnisse der Schätzung für die Modelle aus Tabelle 29 - Tabelle 32

Modell		Berufsverkehr		Einkaufsverkehr		Freizeitverkehr		Einkaufs- u. Freizeitverkehr	
Modell Charakteristika									
N		4.140		5.316		5.946		11.262	
L (0)		-5.739.259		-7.369.541		-15.612.447		-8.242.906	
L (C)		-5.429.638		-7.072.423		-15.101.809		-8.021.810	
LL – Ratio Test		-5.126.978		-6.515.863		-14.154.805		-7.530.751	
Adjusted ρ^2		0,103		0,113		0,092		0,084	
Variablen	Einheit	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test
$\beta_{Reisezeit}$	1/min	-0,0232	-8,54**	-0,0388	-10,21**	-0,0114	-9,12**	-0,0076	-6,06**
$\beta_{Reisekosten MIV}$	1/€	-0,0370	-8,62**	-0,2030	-11,30**	-0,0482	-11,05**	-0,0300	-7,20**
$\beta_{Reisekosten OEV}$	1/€	-0,0912	-6,63**	-0,0937	-3,49**	-0,0719	-6,94**	-0,0652	-5,72**
$\beta_{ÖV-Jahr+Monatskarte}$		0,2880	2,47*	0,4650	4,13**	0,4920	7,15**	0,4840	5,34**
$\beta_{Alter 21-40}$				-0,4740	-4,10**				
$\beta_{Alter 41-60}$				-0,7350	-6,36**	-0,1720	-3,10**		
$\beta_{Automobilklub}$								0,1500	2,07*
$\beta_{Arbeiter/Angestellter/Beamter}$		-0,9800	-6,22**	0,2500	2,92**				
$\beta_{Selbstständig}$		-1,1000	-4,53**						
$\beta_{Beruf Sonstiges}$								-0,5580	-4,63**
$\beta_{Beschäftigung Teil/Gering/ in Ausbildung}$						0,2640	4,07**	0,2640	3,08**
$\beta_{Fahrzeughalter Selbst/Firma}$		0,4040	3,23**			0,3000	4,87**	0,3450	4,19**
$\beta_{Bildung Matura/Kolleg/UNI}$				-0,5050	-5,79**				
$\beta_{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}$						0,3580	6,25**	0,2210	2,82*
$\beta_{Distanz <20 km}$		0,6410	6,91**	-0,4410	-4,18**				
β_{Mann}		0,3110	3,38**						
$\beta_{Jahresfahrleistung <10.000km}$		-0,2760	-2,77**	-0,5500	-6,06**	-0,3400	-5,97**	-0,1800	-2,39*
$\beta_{Kinder im Haushalt}$						-0,2590	-4,61**		
$\beta_{PersonEinkommen >3.500€}$				-0,4170	-2,57**				
$\beta_{HausEinkommen >2.000€ <3.500€}$				-0,4350	-5,39**				
$\beta_{<81 PS}$						-0,2460	-4,19**	-0,2370	-2,89**
$\beta_{>136 PS}$		0,3920	3,47**	0,7110	4,70**				
$\beta_{>81 <136 PS}$				0,3070	3,42**				
$\beta_{Treibstoff Benzin}$		-0,2980	-3,33**	0,8210	5,02**	0,8710	7,54**	0,8440	4,99**
$\beta_{Treibstoff Diesel}$				0,7330	4,55**	0,6310	5,56**	0,5060	3,04**
$\beta_{Type Mini/Klein/Kompakt}$								-0,2140	-2,69**
$\beta_{Type Mittel-/Oberklasse}$						0,3640	5,19**		
$\beta_{Type Sport/SUV/VAN}$		-0,4250	-3,88**	-0,3490	-3,25**				
$\beta_{Start Siedlungsstruktur 1-4}$						-0,5560	-6,97**		
$\beta_{Start Einwohner >1.000 <5.000}$				0,3260	3,24**				
$\beta_{Start Einwohner >20.000}$						-0,4570	-5,78**		

$\beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}}$		-0,2430	-2,37*						
$\beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 4-7}}$								-0,0076	-6,06**
$\beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 8-9}}$		0,3610	2,87**					-0,0300	-7,20**
$\beta_{\text{Ziel Einwohner >5.000 <25.0000}}$						-0,3880	-6,32**	-0,0652	-5,72**
$\text{Konstante}_{\text{MIV1}}$		1,4500	6,7**	2,5.000	10,13**	1,4000	8,66**	0,4840	5,34**
$\text{Konstante}_{\text{MIV2}}$		1,2200	5,52**	2,2.000	9,22**	1,3000	8,06**		
$\text{Konstante}_{\text{MIV3}}$		1,1900	5,32**	2,1500	9,04**	1,2700	7,89**		
Zeitwert MIV	€/h	37,62		11,47		14,19		15,12	
Zeitwert OEV	€/h	15,26		24,85		9,51		6,96	

* signifikant auf dem 95%-Niveau ($p < 0,05$)

** hoch signifikant auf dem 99%-Niveau ($p < 0,01$)

Da die soziodemografischen Variablen von den Routenwahlalternativen unabhängige, personenspezifisch konstante Variablen sind, erhöht ein positives Vorzeichen den Nutzen der Alternativen in denen der PKW gewählt wird. Einzige Ausnahme bildet in diesen Modellschätzungen der ÖV-Dauerkartenbesitz. Dieser fließt positiv in die Nutzenfunktion der Alternative für den öffentlichen Verkehr ein.

So erhöht der Besitz einer ÖV-Monats- oder Jahreskarte, wie in den vorhergegangenen Modellspezifikationen, die Wahrscheinlichkeit, dass sich Verkehrsteilnehmer für den öffentlichen Verkehr entscheiden, sowohl im Berufs- als auch im Einkaufs- und Freizeitverkehr.

Personen aus Orten mit geringem Strukturniveau (d.h. schlechtere Erreichbarkeit, weniger Bildungsangebot etc.) entscheiden sich im Berufsverkehr mit höherer Wahrscheinlichkeit für den öffentlichen Verkehr. Dagegen lenkt ein hohes Strukturniveau des Arbeitsortes die Routenwahlentscheidung in Richtung des motorisierten Individualverkehrs.

Eine kleine Einwohnerzahl des Wohnortes führt zu einer Präferenz des Autos gegenüber öffentlichen Verkehrsmitteln im Einkaufsverkehr.

Personen mit geringer Jahresfahrleistung mit dem PKW entscheiden sich bei allen Fahrtzwecken mit höherer Wahrscheinlichkeit für öffentliche Verkehrsmittel.

Jene Führerscheinbesitzer, die das eigene oder ein Firmenauto fahren, wählen - sowohl für den Weg zur Arbeit als auch bei Freizeitaktivitäten - eher den PKW als den öffentlichen Verkehr.

Geschlechtsunterschiede zeigen sich in diesem erweiterten Modellansatz nur im Berufsverkehr: Männer entscheiden sich mit höherer Wahrscheinlichkeit ihren Arbeitsweg mit dem Auto zurückzulegen als Frauen.

Hinsichtlich der Zeitwerte finden sich Ausreißer im Einkaufsverkehr bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel. Diese Werte sind zu hoch, wobei hier unbekannte Störfaktoren Einfluss nehmen dürften. Tabelle 34 stellt ein reduziertes Modell dar, das für alle vier Reisezwecke unter der Berücksichtigung soziodemographischer Eigenschaften gültig ist.

Tabelle 34: Nutzenfunktion für alle Reisezwecke mit soziodemografischen Eigenschaften

Nutzenfunktion
$U_{MIV1} = \text{Konstante}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV1}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Sport/SUV/VAN}}$ $+ \beta_{>136 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136 \text{ PS}} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}}$
$U_{MIV2} = \text{Konstante}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV2}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Sport/SUV/VAN}}$ $+ \beta_{>136 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136 \text{ PS}} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}}$
$U_{MIV3} = \text{Konstante}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{MIV3}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Sport/SUV/VAN}}$ $+ \beta_{>136 \text{ PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136 \text{ PS}} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}}$
$U_{\text{OEV}} = \text{Konstante}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{Reisezeit OEV}} \cdot \text{Reisezeit}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \text{Reisekosten}_{\text{OEV}}$ $+ \beta_{\text{ÖV-Jahr+Monatskarte}} \cdot \text{ÖV-Jahr/Monatskarten-Besitzer}$

Diese Modellspezifikation erreicht im Vergleich zur vorhergehenden annähernd die gleiche Modellgüte bei zugleich geringerer Komplexität. Alle geschätzten Parameter weisen das erwartete Vorzeichen auf und sind signifikant.

Die signifikanten Parameter in der gemeinsamen Modellschätzung für alle drei Reisezwecke sind: Reisezeit, Reisekosten, ÖV-Monats-/Halbjahres-/Jahreskarte, Fahrzeughalter, Autokategorie, Motorleistung und Jahresfahrleistung.

Im Einkaufsverkehr hat der Koeffizient einer geringeren Jahresfahrleistung ($\beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}}$) einen stärkeren negativen Nutzen als im Berufs- und Freizeitverkehr. Weist der vorwiegend gefahrene PKW eine hohe Motorleistung auf und handelt es sich dabei um das eigene oder ein Firmenauto, so erhöht sich damit bei allen Fahrtzwecken die Wahrscheinlichkeit eine vorgegebene Route mit dem Auto zurückzulegen. Für die Einwohnerzahl und die Siedlungsstruktur des Wohn- bzw. Zielortes konnte in einer gemeinsamen Modellgleichung kein bedeutsamer Effekt auf die Routenwahl nachgewiesen werden.

Die Nutzenparameter weichen nicht wesentlich von der Größenordnung aus den Einzelschätzungen für die Reisezwecke (Tabelle 33) ab, somit kann die Schätzung als konsistent angesehen werden.

Tabelle 35: Ergebnisse der Schätzung für das Modell aus Tabelle 34

Modell	Berufsverkehr	Einkaufsverkehr	Freizeitverkehr	Einkaufs- u. Freizeitverkehr
Modell Charakteristika				
N	4.140	5.316	5.946	11.262
L (0)	-5.739.259	-7.369.541	-15.612.447	-8.242.906
L (C)	-5.429.638	-7.072.423	-15.101.809	-8.021.810
Final Log-Likelihood	-5.201.295	-5.201.295	-6.602.532	-14.269.042
LL-Ratio Test	1.075.926	1.534.018	2.686.810	1.329.187
Adjusted ρ^2	0,092	0,102	0,085	0,79

Variablen	Einheit	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test
$\beta_{\text{Reisezeit}}$	1/min	-0,0235	-9,02**	-0,0277	-8,87**	-0,0104	-8,69**	-0,0075	-6,00**
$\beta_{\text{Reisekosten MIV}}$	1/€	-0,0406	-9,15**	-0,1430	-10,83**	-0,0446	-10,43**	-0,0300	-7,12**
$\beta_{\text{Reisekosten OEV}}$	1/€	-0,0663	-4,67**	-0,1750	-4,32**	-0,0669	-6,69**	-0,0563	-5,12**
$\beta_{\text{ÖV-Jahr+Monatskarte}}$		0,4430	3,99**	0,4730	4,49**	0,4990	7,64**	0,5070	3,08**
$\beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}}$		0,4700	3,88**	0,1670	1,84	0,2170	3,66	0,2430	-2,32*
$\beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}}$		-0,4480	-4,20**	-0,2430	-2,38**	-0,2600	-3,77**	-0,2190	0,91
$\beta_{>136 PS}$		0,3120	2,90**	0,4910	3,61**	0,2420	3,01**	0,0918	-2,13*
$\beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}}$		-0,1340	-1,48	-0,4190	-4,85**	-0,2730	-4,93**	-0,1570	5,77**
$Konstante_{MIV1}$		0,8610	6,30**	1,9600	14,95**	1,6300	20,75**	1,4800	14,35**
$Konstante_{MIV2}$		0,6150	4,18**	1,7500	13,50**	1,5400	19,50**	1,4100	13,65**
$Konstante_{MIV3}$		0,5790	3,83**	1,7100	13,16**	1,5200	19,12**	1,3900	13,38**
Zeitwert MIV	€/h		34,73		11,62		13,99		15,00
Zeitwert OEV	€/h		21,27		9,50		9,33		7,99

* signifikant auf dem 95%-Niveau ($p < 0,05$)

** hoch signifikant auf dem 99%-Niveau ($p < 0,01$)

5.3.3 Komplexere Modellansätze

Ausgehend von den generierten linearen Modellschätzungen werden nun in der Nutzenfunktion die Parameter zusätzlich zu den linearen Termen um Exponenten (nicht-lineare Komponenten) ergänzt. Mit Hilfe selbst erstellter Algorithmen wurden nicht-lineare Elemente mit den bestehenden verknüpft und daraus Modelle für die Reisezwecke geschätzt. Tabelle 36 stellt ein nicht-lineares Routenwahlmodell mit drei Prädiktorvariablen differenziert nach Fahrtzweck und Verkehrsmittel in einer dreidimensionalen Funktion grafisch dar.

In den statistischen Analysen wurde eine Vielzahl von Variablenkombinationen für jedes Modell in einem hochaufwendigen Rechenprozess getestet. Im nächsten Abschnitt wird der Modellansatz mit der besten Güte unter Berücksichtigung der nicht-linearen Ansätze beschrieben (

Tabelle 41).

Der nun berichtete nicht-lineare Modellansatz integriert nicht-lineare Interaktionen zwischen Einkommens- und Kostenkomponenten. Die Einbeziehung der Attribute betreffend Kosten und Reisezeit basiert auf der methodischen Entwicklung von Mackie et al. [2003], der Modellansätze mit einkommens- und distanzabhängigen Elastizitäten untersuchte. Hintergrund dieses Ansatzes war die Herstellung einer ergänzenden monetären Bewertung der Reisezeit in Abhängigkeit von Einkommen und anderen Einflussgrößen. König [2004], Axhausen et al. [2007; 2008] und Hess et al. [2008] setzten diese Interaktionsterme in ihren Modellen ein, um einen höheren Erklärungsgrad zu erzielen. Aufbauend auf diesen Ansätzen führt die Entwicklung von Termen in der vorliegenden Studie teilweise zur Erhöhung der Modellgüte. Die allgemeine Form der Interaktionsterme lautet [Axhausen et al., 2010]:

$$f(y, x) = \beta_x \cdot \left(\frac{y}{\bar{y}}\right)^{\lambda_{y,x}} \cdot x \quad (40)$$

x beobachtete Variable, z.B. Reisekosten

β_x linearer Nutzenparameter der beobachteten Variable x

y beobachteter Wert für interagierende Variable, z.B. Distanz, Einkommen

\bar{y} Mittelwert als Referenzwert für die Variable y

$\lambda_{y,x}$ Elastizität der Abhängigkeit des Nutzens vom Wert der Variable y

Der Referenzwert \bar{y} kann beliebig gewählt werden und hat keine Auswirkungen auf den geschätzten Wert oder die Modellgüte [Axhausen et al., 2010]. In dieser Studie werden jeweils die Stichprobenmittelwerte aus Tabelle 18 verwendet. Die Ansätze beziehen sich weiters auf Franklins „linear-in-Persönliches Einkommen“-Nutzenfunktion [Franklin, 2006, S.75ff], in der die Verhaltensparameter linear sind und das Einkommen logarithmiert in die erste Ordnung eingeht.

Bei der Nutzenfunktion wird angenommen, dass bei Probanden mit steigendem Einkommen der Einfluss des Einkommens auf die Verkehrsmittelwahl steigt [Franklin, 2006; Small, 1983]. Abgeleitet heißt das, dass Verkehrsteilnehmer mit geringerem Einkommen eine geringe Neigung haben, das Auto dem öffentlichen Verkehr vorzuziehen, während dieses Verhalten bei besser Verdienenden verstärkt zu beobachten ist [Kickhöfer, 2009]. Franklin nimmt diesen Zusammenhang mit einem linearen logarithmierten Einkommen an. Diese Studie verwendet Terme bzw. Interaktionen zur Abbildung von einkommens- und distanzabhängigen Variablen. Diese verbinden die persönliche Bedeutung der Variablen Kosten und Reisezeit mit weiteren Merkmalen einer Route in Abhängigkeit vom Einkommen, etc. Die entsprechenden Nutzenfunktionen sind Tabelle 36 zu entnehmen.

Tabelle 36: Erweitertes Modell mit zusätzlichen Interaktionen des Einkommens und der Reisekosten

Nutzenfunktion	
U_{MIV1}	$ \begin{aligned} & \text{Konstante}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen Reisezeit MIV}}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV1} \\ & + \beta_{\text{Reisekosten MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen Reisekosten MIV}}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}}{\emptyset \text{ Reisezeit}} \right)^{\lambda_{\text{Reisezeit MIV}}} \cdot RK_{MIV1} \\ & + \beta_{\text{Soziodemografische Variablen}} \cdot \text{Soziodemografische Variablen} \end{aligned} $
U_{MIV2}	$ \begin{aligned} & \text{Konstante}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen Reisezeit MIV}}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV2} \\ & + \beta_{\text{Reisekosten MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen Reisekosten MIV}}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}}{\emptyset \text{ Reisezeit}} \right)^{\lambda_{\text{Reisezeit MIV}}} \cdot RK_{MIV2} \\ & + \beta_{\text{Soziodemografische Variablen}} \cdot \text{Soziodemografische Variablen} \end{aligned} $
U_{MIV3}	$ \begin{aligned} & \text{Konstante}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen Reisezeit MIV}}} \cdot \text{Reisezeit}_{MIV3} \\ & + \beta_{\text{Reisekosten MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen Reisekosten MIV}}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}}{\emptyset \text{ Reisezeit}} \right)^{\lambda_{\text{Reisezeit MIV}}} \cdot RK_{MIV3} \\ & + \beta_{\text{Soziodemografische Variablen}} \cdot \text{Soziodemografische Variablen} \end{aligned} $
U_{OEV}	$ \begin{aligned} & \beta_{\text{Reisezeit OEV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen Reisezeit OEV}}} \cdot \text{Reisezeit}_{OEV} \\ & + \beta_{\text{RK MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen Reisekosten OEV}}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}}{\emptyset \text{ Reisezeit}} \right)^{\lambda_{\text{Reisezeit OEV}}} \cdot \text{Reisekosten}_{OEV} \\ & + \beta_{\text{Soziodemografische Variablen}} \cdot \text{Soziodemografische Variablen} \end{aligned} $

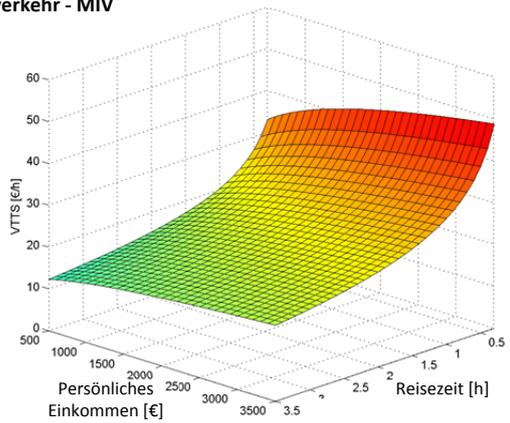
In diesem Modell wurden alle β – und λ –Werte geschätzt und die relevanten soziodemografischen Variablen bestimmt. Die Zeitkosten werden auf Basis von (39) jeweils getrennt nach dem Verkehrsmittel berechnet:

$$VTTs = \frac{\beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen Reisekosten}}} \cdot \text{Reisezeit}}{\beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen Reisekosten}}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}}{\emptyset \text{ Reisezeit}} \right)^{\lambda_{\text{Reisezeit}}} \cdot \text{Reisekosten}} \quad (41)$$

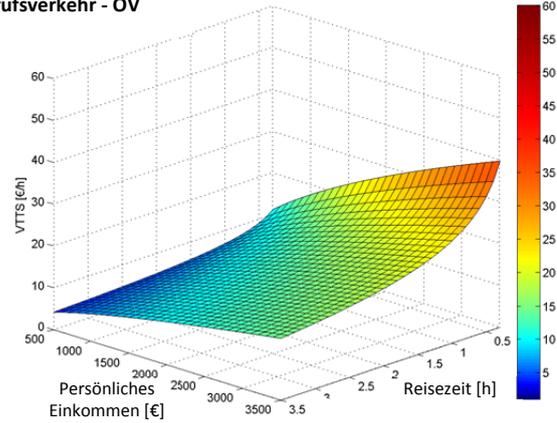
Im Gegensatz zu den konstanten Zahlungsbereitschaften für Zeiteinsparungen in den bisherigen Modellspezifikationen (Tabelle 22 - Tabelle 34) wird in diesen Modellen der Zeitwert als variable

Größe eingeführt. Abbildung 26 zeigt die Veränderung des Zeitwerts in Abhängigkeit von Einkommen und Reisezeit getrennt nach Reisezweck und Verkehrsmittel.

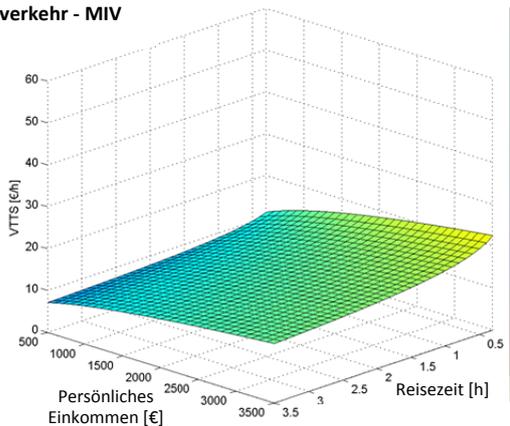
Berufsverkehr - MIV



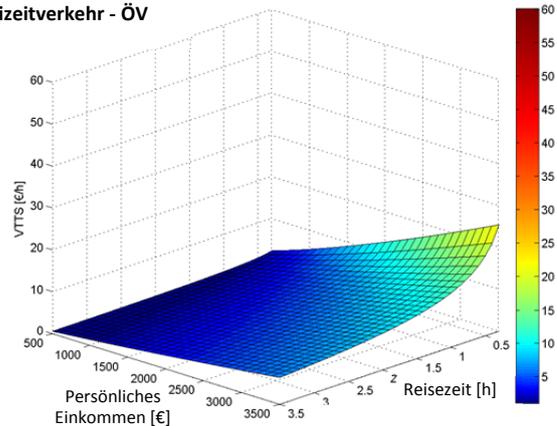
Berufsverkehr - ÖV



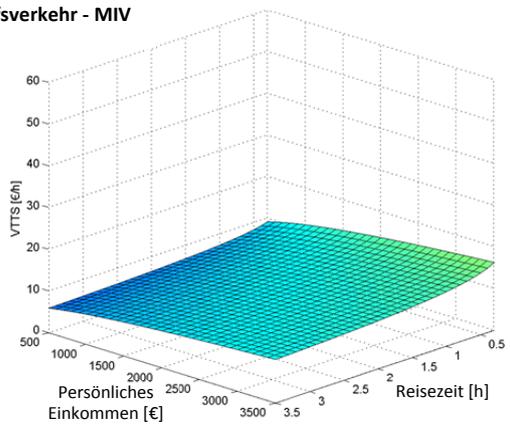
Freizeitverkehr - MIV



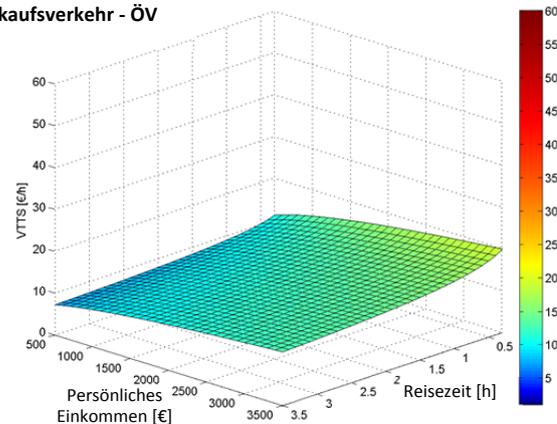
Freizeitverkehr - ÖV



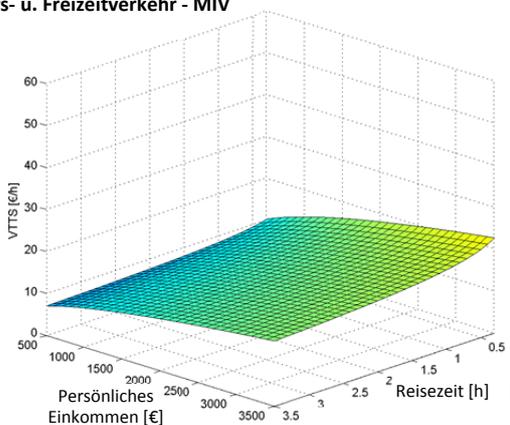
Einkaufsverkehr - MIV



Einkaufsverkehr - ÖV



Einkaufs- u. Freizeitverkehr - MIV



Einkaufs- u. Freizeitverkehr - ÖV

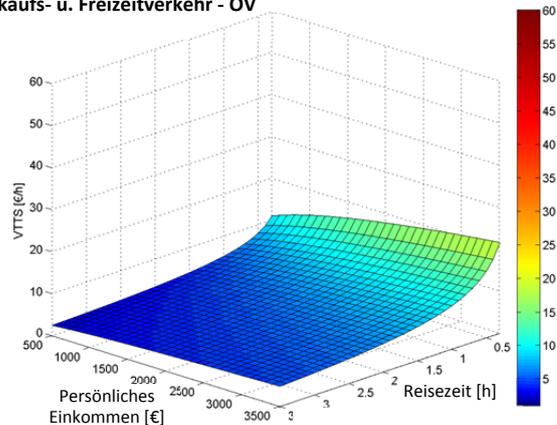


Abbildung 26: Zahlungsbereitschaft in Abhängigkeit von der Reisezeit und vom persönlichen Einkommen - getrennt nach Reisezweck und Verkehrsmittel (MIV, ÖV)

5.3.3.1 Beschreibung der erweiterten Modellspezifikationen zur Schätzung der Zahlungsbereitschaft

In der linken Spalte zeigt Abbildung 26 die berechneten Zeitkosten für den motorisierten Individualverkehr, in der rechten Spalte die berechneten Zeitkosten für den öffentlichen Verkehr. Von oben nach unten sind die Zeitwertfunktionen bei unterschiedlichen Reisezwecken aufgeschlüsselt: Berufsverkehr (1. Zeile), Freizeitverkehr (2. Zeile), Einkaufsverkehr (3. Zeile) sowie Freizeit- und Einkaufsverkehr kombiniert (4. Zeile).

Jedes der abgebildeten $2 \times 3 = 6$ Modelle zeigt in der horizontalen Ebene die Werte für die unabhängigen Variablen Reisezeit und Personennettoeinkommen (in der Folge mit Einkommen bezeichnet). Auf der Abszisse (x-Achse) ist die Reisezeit (in Stunden) als experimentelle Variable und auf der Ordinate (y-Achse) das persönliche Einkommen (in Euro) als personenspezifische Variable abgetragen. Die Reisezeit wurde innerhalb der Wahlaufgaben systematisch variiert (siehe Tabelle 19), das Einkommen in 9 gleichverteilten Einkommenskategorien erhoben (Anhang B: Postalische Erhebung). In der Modellschätzung sind beide Prädiktoren stetig verteilt. Auf der Applikate (z-Achse) ist in jedem Datenpunkt die resultierende Ausprägung des anhand der empirischen Daten geschätzten Zeitwerts dargestellt. Die ebenfalls experimentell variierten Reisekosten sind im Zeitwert selbst repräsentiert.

Die Randbereiche bei kurzen Fahrten sind mit Vorsicht zu interpretieren, hier ist eine deutliche Überschätzung des Zeitwertes zu erwarten. Das Entscheidungsverhalten und die Zahlungsbereitschaft bei kurzen Fahrten (auch unter 2 km) wären gesondert empirisch zu untersuchen.

5.3.3.2 Ergebnisse der Modelle zur Schätzung der Zahlungsbereitschaft

In der vergleichenden Gesamtschau lässt sich, im Einklang mit bisheriger wissenschaftlicher Evidenz, deutlich erkennen, dass die Zahlungsbereitschaft in allen Modellspezifikationen mit dem Einkommen weitgehend linear ansteigt. Den flachsten Verlauf zeigt hier die Zeitwertfunktion bei Einkaufsverkehr, gefolgt von der Zeitwertschätzung bei Freizeitverkehr mit dem Auto (MIV) und an dritter Stelle die Schätzung aus den aggregierten Daten für Einkaufs- und Freizeitverkehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln (ÖV).

Dagegen ist in allen Modellschätzungen abhängig von der Reisezeit eine konvergierende negative Funktion zu beobachten. Am ausgeprägtesten wird dieser Zusammenhang aufgrund der vorliegenden Daten in Bezug auf den Berufsverkehr sichtbar, insbesondere wenn der Arbeitsweg mit dem Auto (MIV) zurückgelegt wird. Auch hinsichtlich des Einkaufs- und Freizeitverkehrs mit öffentlichen Verkehrsmitteln ergibt sich in der Modellschätzung ein konvergierender negativer Verlauf des Zeitwerts mit zunehmender Reisezeit. Zudem tritt dieser Verlauf bei höherem Einkommen wesentlich klarer hervor, als bei geringerem Einkommen. Die Zeitwertspitzen liegen bei allen Modellspezifikationen im Bereich kurzer Reisezeiten und hohen Einkommens, am höchsten sind diese Werte im Hinblick auf den Berufsverkehr, gefolgt vom Freizeitverkehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Die höchste Zahlungsbereitschaft ist damit im Berufsverkehr sowie im Freizeitverkehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln bei kurzen erwarteten Reisezeiten von Verkehrsteilnehmern mit hohem Einkommen zu erwarten.

Der gefundene umgekehrt proportionale Zusammenhang zwischen Reisezeit und Zahlungsbereitschaft steht im Widerspruch zu den Studienergebnissen der ETH Zürich für die

Schweiz, in denen ein negativ linearer Anstieg der Zahlungsbereitschaft in Abhängigkeit von der Reisezeit gefunden wurde [vgl. u.a. Vrtic et al., 2007; Vrtic & Schüssler, 2011]. Der in früheren Untersuchungen ermittelte, mit der Reisezeit zunehmende Zeitwert bedeutet, dass umso höhere Kosten in Kauf genommen werden um eine Zeitverzögerung zu verhindern, je höher die erwartete Reisezeit ist. Vrtic [2004] gehen aufgrund ihrer Daten davon aus, dass der Wert der Reisezeit mit zunehmender Reisezeit steigt, da längere Fahrten in der Regel auch mit höheren Budgets verbunden sind. Dagegen legt die aktuelle Untersuchung einen umgekehrt proportionalen Zusammenhang dieser beiden Parameter nahe: Je höher die Reisezeit, umso geringer ist die Bereitschaft für einen Zeitgewinn zusätzliche Kosten aufzuwenden.

Dieses Ergebnis ließe sich damit erklären, dass eher die absoluten als die relativen Kosten als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden und die Reaktion auf diese durch einkommensabhängigen Budgetbeschränkungen und die a priori erwartete („subjektive“) Verlässlichkeit des Verkehrsmittels moderiert wird. Die Verkehrsteilnehmer orientieren ihre Zahlungsbereitschaft an ihrem Einkommen und an den erwartbaren Kosten für eine Zeitverzögerung, weniger an dem erwartbaren absoluten Zeitgewinn durch Kostenaufwendung. Eine andere Erklärung wäre, dass mit zunehmender Reisezeit einer absoluten Zeitverzögerung (wie sie im Zeitwert repräsentiert ist) weniger Relevanz beigemessen wird und daher auch die Bereitschaft zusätzliche Kosten in Kauf zu nehmen sinkt. Eine Ersparnis von fünf Minuten wird bei einer 30-minütigen-Fahrt möglicherweise bewusster wahrgenommen oder höher bewertet als bei einer Reisezeit von drei Stunden und damit steigen auch die dafür aufgewendeten Kosten. Bei einer dreistündigen Fahrt stellen sich Verkehrsteilnehmer auf eine längere Reisedauer ein und messen einer Zeitersparnis bzw. einem Zeitverlust von fünf Minuten deutlich weniger Bedeutung bei, was letztlich die Zahlungsbereitschaft mindert.

Berufsverkehr

Bei differenzierter Betrachtung der einzelnen Reisezwecke ist im Falle des Berufsverkehrs bei Nutzung des Autos gegenüber der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel ein höheres Ausgangsniveau der Zahlungsbereitschaft festzustellen. So wären Verkehrsteilnehmer mit einem Einkommen von 1000 € und einer geplanten Reisezeit von einer halben Stunde der Modellschätzung zufolge bereit, Kosten von 52 ct pro Minute nicht verlorener Reisezeit in Kauf zu nehmen (VTTS = 31 €/h). Bei Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel würden sie dagegen für den gleichen Zeitgewinn bei gleicher Reisezeit mit 24 ct/min einen weniger als halb so hohen Betrag aufwenden (VTTS = 14 €/h). Je höher das Einkommen und je länger die Reisezeit, umso weniger weichen beim Arbeitsweg die Zahlungsbereitschaften für öffentlichen Verkehr und motorisierten Individualverkehr voneinander ab. So liegt das Verhältnis der Zahlungsbereitschaft bei Personen mit einem Einkommen von 2000 € bei ÖV : MIV = 1 : 1,58 (z.B. VTTS = 22 €/h gegenüber 36 €/h bei 0,5 h geplanter Fahrtzeit; bei einem Einkommen von 1000 € ergibt sich ein Verhältnis von ÖV : MIV = 1 : 2,15), bei Personen mit einem um die Hälfte höheren Einkommen (3000 €) erhöht die Nutzung des Autos die Zahlungsbereitschaft gegenüber öffentlicher Verkehrsmittelnutzung nur mehr um ein Drittel (ÖV : MIV = 1 : 1,32; 29 €/h gegenüber 39 €/h bei 0,5 h geplanter Fahrtzeit). Diese Daten deuten darauf hin, dass im Falle des Berufsverkehrs, Personen mit höherem Einkommen bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel in Relation zur Nutzung des Autos, mehr für Pünktlichkeit zu zahlen bereit sind als Personen mit geringerem Einkommen.

Freizeitverkehr

Bei Autonutzung im Freizeitverkehr sinkt die Zahlungsbereitschaft kaum mit der Reisezeit. Sind Personen mit einem monatlichen Einkommen von 1000 € bei einer geplanten Reisezeit von 30 Minuten bereit, 24 ct pro gewonnener Minute zu zahlen, und verringert sich die Zahlungsbereitschaft bei doppelter Fahrtzeit (1 h) um etwa ein Achtel (ca. 3 ct/min), so sinkt sie bei höheren Fahrtzeiten kaum mehr ab und pendelt sich schließlich bei einem Wert von 17 ct pro gewonnener Minute ein. Das Einkommen zeigt hier keine spezifische moderierende Wirkung.

Bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel im Freizeitverkehr ähnelt die Modellschätzung hinsichtlich ihres Verlaufs jener für den Berufsverkehr, wenn sie auch bei einem geringeren Ausgangswert (Applikatenabschnitt) startet. Während Personen mit einem Einkommen von 1500 € bei einer Viertelstunde erwarteter Reisezeit im Berufsverkehr 41 ct pro Minute nicht verlorener Reisezeit bezahlen würden, so würden sie im Freizeitverkehr für den gleichen Zeitgewinn bei gleicher erwarteter Reisezeit nur 15 ct für den selben Zeitgewinn investieren.

Verglichen mit dem Berufsverkehr sind im Freizeitverkehr ein geringeres Ausgangsniveau der Zahlungsbereitschaft sowie wesentlich flachere Zeitwertfunktionen als im Berufsverkehr festzustellen, insbesondere wenn der Weg mit dem Auto zurückgelegt wird. D.h. Ein Zeitverlust wird im Freizeitverkehr von den Verkehrsteilnehmern insgesamt weniger negativ bewertet bzw. wird hier einem Zeitgewinn weniger „Wert“ beigemessen, als im Berufsverkehr.

Einkaufsverkehr

Die Modelle für den Einkaufsverkehr sagen im motorisierten Individualverkehr gegenüber dem öffentlichen Verkehr einen sehr ähnlichen Verlauf der Zahlungsbereitschaft in Abhängigkeit von Einkommen und Reisezeit vorher. Die geschätzten Zeitwertfunktionen zeigen einen linearen Verlauf mit geringer Steigung und im Verhältnis zum Freizeitverkehr etwas geringerem Ausgangsniveau.

Bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel sind die Verkehrsteilnehmer für Einkaufsfahrten bereit, um etwa ein Viertel (23%) höhere Kosten pro gewonnene Zeiteinheit in Kauf zu nehmen als bei der Nutzung des PKW. Etwa würde eine Person mit einem Einkommen von 1500 € bei 30 Minuten erwarteter Reisezeit bei einer Einkaufsfahrt mit dem PKW 19 ct für jede entgegen einer Zeitverzögerung gewonnene Fahrtminute zahlen, bei einer Einkaufsfahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln dagegen 24 ct für den gleichen Zeitgewinn.

Freizeit- & Einkaufsverkehr

In der kombinierten Modellspezifikation für Freizeit- und Einkaufsverkehr spiegeln sich die Verläufe der einfachen Modellschätzungen für diese beiden Fahrtzwecke wider. Ist das Ausgangsniveau der Zahlungsbereitschaft beider Fahrtzwecke vergleichbar, so fällt die Zahlungsbereitschaft bei Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel mit steigender Entfernung deutlich rascher ab als bei PKW-Nutzung. Etwa würden Verkehrsteilnehmer mit einem Einkommen von 1500 €, bei einer halben Stunde erwarteter Fahrtzeit, der Modellschätzung zufolge 25 ct pro Minute nicht verlorener Fahrtzeit bezahlen, wenn sie den Weg mit dem PKW zurücklegen, wohingegen sie mit öffentlichen Verkehrsmitteln um ein Fünftel weniger zu zahlen bereit sind (20 ct/min; ÖV : MIV = 1 : 1,26), um demselben Zeitverlust entgegenzuwirken. Je höher die geplante Fahrtzeit und je höher das Einkommen, umso stärker wird diese Differenz. Bei drei Stunden geplanter Fahrtzeit liegt die Zahlungsbereitschaft von Personen mit einem Einkommen von 1500 € bei 19 ct/min bei Fahrten mit dem PKW, bei Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln jedoch nur mehr bei 7 ct/min. Mit der sechsfachen Fahrtzeit sinkt damit die

Zahlungsbereitschaft hinsichtlich des motorisierten Individualverkehrs nur um ein Fünftel, hinsichtlich des öffentlichen Verkehrs dagegen um nahezu zwei Drittel (ÖV : MIV = 1 : 2,86).

Der Zeitwert nimmt mit dem Einkommen im motorisierten Individualverkehr verglichen mit dem öffentlichen Verkehr in den unteren Einkommensschichten etwas stärker zu, im Bereich von 2500 € Nettoeinkommen erreichen beide Funktionen eine vergleichbare Steigung (4% Zeitwertsteigerung pro 250 € Einkommenssteigerung).

5.3.4 Einbezug weiterer soziodemografischer Variablen mit nicht-linearen Ansätzen

Durch die Implementierung nicht-linearer Terme konnte die Modellgüte unter Einbeziehung soziodemografischer Variablen deutlich gesteigert werden.

Tabelle 41 zeigt die Ergebnisse der Modellschätzung (Tabelle 37 bis Tabelle 40) mit der höchsten erreichten Güte, gemessen an der insgesamt erklärten Varianz (Kriterium 1, adjusted ρ^2) einerseits und an der Signifikanz der einzelnen Modellparameter (Kriterium 2) andererseits. Das Ziel war, in Anlehnung an andere internationale Studien, ein Modell zu finden, in dem jeder geschätzte Parameter mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von zumindest 95% (d.h. mit $p < 0,05$) signifikant ist. Zwar ließ sich in manchen der ermittelten Modellschätzungen eine noch höhere Effektstärke (adjusted ρ^2) als im dargestellten Modell beobachten, jedoch erreichten in diesen Modellen nicht alle Modellparameter statistische Signifikanz. Diese Variablen, die für sich genommen keinen bedeutsamen Erklärungswert aufwiesen, jedoch die Varianzaufklärung insgesamt deutlich verbessert hätten, wurden in der Folge wieder aus der Modellschätzung ausgeschlossen (Modellgütekriterium 2, siehe oben).

Tabelle 37: Modell für den Berufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften

Nutzenfunktion
$U_{MIV1} = \text{Konstante}_{MIV1} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}$ $+ \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} + \beta_{\text{Selbstständig}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Selbstständig}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{>136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung } >136\text{PS}$ $+ \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Sport/SUV/VAN}}$ $+ \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 8-9}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 8-9}}$ $+ \beta_{QM2} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 MIV1}} + \beta_{QM3} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 MIV1}} + \beta_{QM4} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 MIV1}}$ $+ \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{MIV1}}{\emptyset \text{ Reisezeit}_{MIV}} \right)^{\lambda \text{ Reisezeit}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{MIV1}}{\emptyset \text{ Reisekosten}_{MIV}} \right)^{\lambda \text{ Reisekosten}}$
$U_{MIV2} = \text{Konstante}_{MIV2} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}$ $+ \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} + \beta_{\text{Selbstständig}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Selbstständig}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{>136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung } >136\text{PS}$

$$\begin{aligned}
& + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Sport/SUV/VAN}} \\
& + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 8-9}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 8-9}} \\
& + \beta_{\text{QM2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 MIV2}} + \beta_{\text{QM3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 MIV2}} + \beta_{\text{QM4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 MIV2}} \\
& + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{\text{MIV2}}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{\text{MIV}}} \right)^{\lambda \text{Reisezeit}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{\text{MIV2}}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{\text{MIV}}} \right)^{\lambda \text{Reisekosten}} \\
U_{\text{MIV3}} = & \text{Konstante}_{\text{MIV3}} + \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} \\
& + \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} + \beta_{\text{Selbstständig}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Selbstständig}} \\
& + \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{>136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136\text{PS}} \\
& + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Sport/SUV/VAN}} \\
& + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} + \beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 8-9}} \cdot \text{Ziel}_{\text{Siedlungsstruktur 8-9}} \\
& + \beta_{\text{QM2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 MIV3}} + \beta_{\text{QM3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 MIV3}} + \beta_{\text{QM4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 MIV3}} \\
& + \beta_{\text{Reisezeit MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{\text{MIV3}}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{\text{MIV}}} \right)^{\lambda \text{Reisezeit}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{\text{MIV3}}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{\text{MIV}}} \right)^{\lambda \text{Reisekosten}} \\
U_{\text{OEV}} = & \text{Konstante}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{ÖV-(Halb)Jahr}} \cdot \text{ÖV-Jahreskarten-Besitzer} + \beta_{\text{ÖV-Monat}} \cdot \text{ÖV-Monatskarten-Besitzer} \\
& + \beta_{\text{QM2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 OEV}} + \beta_{\text{QM3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 OEV}} + \beta_{\text{QM4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 OEV}} \\
& + \beta_{\text{Reisezeit OEV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{\text{OEV}}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{\text{OEV}}} \right)^{\lambda \text{Reisezeit}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{\text{OEV}}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{\text{OEV}}} \right)^{\lambda \text{Reisekosten}}
\end{aligned}$$

Tabelle 38: Modell für den Einkaufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften

Nutzenfunktion

$$\begin{aligned}
U_{\text{MIV1}} = & \text{Konstante}_{\text{MIV1}} + \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \\
& + \beta_{\text{Alter 21-40}} \cdot \text{Alter}_{21-40} + \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Bildung Matura/Kolleg/UNI}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Matura/Kolleg/UNI}} \\
& + \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} + \beta_{>136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136\text{PS}} \\
& + \beta_{>81\text{PS} <136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>81\text{PS} <136\text{PS}} + \beta_{\text{Start Einwohner >1.000 <5.000}} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner >1.000 <5.000}} \\
& + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} \\
& + \beta_{\text{QM2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 MIV1}} + \beta_{\text{QM3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 MIV1}} + \beta_{\text{QM4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 MIV1}} \\
& + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{\text{MIV1}}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{\text{MIV}}} \right)^{\lambda \text{Reisezeit MIV}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{\text{MIV1}}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{\text{MIV}}} \right)^{\lambda \text{Reisekosten MIV}} \\
U_{\text{MIV2}} = & \text{Konstante}_{\text{MIV2}} + \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \\
& + \beta_{\text{Alter 21-40}} \cdot \text{Alter}_{21-40} + \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Bildung Matura/Kolleg/UNI}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Matura/Kolleg/UNI}} \\
& + \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} + \beta_{>136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136\text{PS}} \\
& + \beta_{>81\text{PS} <136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>81\text{PS} <136\text{PS}} + \beta_{\text{Start Einwohner >1.000 <5.000}} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner >1.000 <5.000}} \\
& + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} \\
& + \beta_{\text{QM2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 MIV2}} + \beta_{\text{QM3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 MIV2}} + \beta_{\text{QM4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 MIV2}} \\
& + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{\text{MIV2}}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{\text{MIV}}} \right)^{\lambda \text{Reisezeit MIV}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{\text{MIV2}}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{\text{MIV}}} \right)^{\lambda \text{Reisekosten MIV}} \\
U_{\text{MIV3}} = & \text{Konstante}_{\text{MIV3}} + \beta_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \cdot \text{Stellung Beruf}_{\text{Arbeiter/Angestellter/Beamter}} \\
& + \beta_{\text{Alter 21-40}} \cdot \text{Alter}_{21-40} + \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Bildung Matura/Kolleg/UNI}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Matura/Kolleg/UNI}} \\
& + \beta_{\text{Jahresfahrleistung <10.000km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} + \beta_{>136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>136\text{PS}} \\
& + \beta_{>81\text{PS} <136\text{PS}} \cdot \text{Motorleistung}_{>81\text{PS} <136\text{PS}} + \beta_{\text{Start Einwohner >1.000 <5.000}} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner >1.000 <5.000}} \\
& + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} \\
& + \beta_{\text{QM2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 MIV3}} + \beta_{\text{QM3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 MIV3}} + \beta_{\text{QM4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 MIV3}} \\
& + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{\text{MIV3}}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{\text{MIV}}} \right)^{\lambda \text{Reisezeit MIV}} + \beta_{\text{Reisekosten}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{\text{MIV3}}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{\text{MIV}}} \right)^{\lambda \text{Reisekosten MIV}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} U_{\text{OEV}} = & \text{Konstante}_{\text{OEV}} + \beta_{\text{ÖV-(Halb)Jahr}} \cdot \text{ÖV-Jahreskarten-Besitzer} + \beta_{\text{ÖV-Monat}} \cdot \text{ÖV-Monatskarten-Besitzer} \\ & + \beta_{\text{QM2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 OEV}} + \beta_{\text{QM3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 OEV}} + \beta_{\text{QM4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 OEV}} \\ & + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{\text{OEV}}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{\text{OEV}}} \right)^{\lambda_{\text{Reisezeit OEV}}} + \beta_{\text{Reiskosten}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{\text{OEV}}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{\text{OEV}}} \right)^{\lambda_{\text{Reisekosten OEV}}} \end{aligned}$$

Tabelle 39: Modell für den Freizeitverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften

Nutzenfunktion

$$\begin{aligned}
U_{MIV1} = & \text{Konstante}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{MIV1}}{\emptyset \text{ Reisezeit}_{MIV}} \right)^{\lambda_{\text{Reisezeit MIV}}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen MIV}}} \\
& + \beta_{\text{Reisekosten MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{MIV1}}{\emptyset \text{ Reisekosten}_{MIV}} \right)^{\lambda_{\text{Reisekosten MIV}}} + \beta_{\text{Ziel Einwohner } >5.000 <25.000} \cdot \text{Ziel}_{\text{Einwohner } >5.000 <25.000} \\
& + \beta_{\text{Start Einwohner } >1.000 <5.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >1.000 <5.000} + \beta_{\text{Start Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Start}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} \\
& + \beta_{\text{Start Einwohner } >20.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >20.000} + \beta_{\text{Straßentyp1}} \cdot \text{Straßentyp}_{MIV1} \\
& + \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}} \\
& + \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}} \\
& + \beta_{\text{Kinder im Haushalt}} \cdot \text{Kinder im Haushalt} + \beta_{<81PS} \cdot \text{Motorleistung}_{<81PS} + \beta_{Q_{Min}} \cdot \text{Pünktlichkeit}_{\text{Minuten MIV1}} \\
& + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} \\
& + \beta_{\text{Type Mittel-/Oberklasse}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Mittel-/Oberklasse}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} \\
& + \beta_{Q_{M2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 MIV1}} + \beta_{Q_{M3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 MIV1}} + \beta_{Q_{M4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 MIV1}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
U_{MIV2} = & \text{Konstante}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{MIV1}}{\emptyset \text{ Reisezeit}_{MIV}} \right)^{\lambda_{\text{Reisezeit MIV}}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen MIV}}} \\
& + \beta_{\text{Reisekosten MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{MIV1}}{\emptyset \text{ Reisekosten}_{MIV}} \right)^{\lambda_{\text{Reisekosten MIV}}} + \beta_{\text{Ziel Einwohner } >5.000 <25.000} \cdot \text{Ziel}_{\text{Einwohner } >5.000 <25.000} \\
& + \beta_{\text{Start Einwohner } >1.000 <5.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >1.000 <5.000} + \beta_{\text{Start Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Start}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} \\
& + \beta_{\text{Start Einwohner } >20.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >20.000} + \beta_{\text{Straßentyp1}} \cdot \text{Straßentyp}_{MIV2} \\
& + \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}} \\
& + \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}} \\
& + \beta_{\text{Kinder im Haushalt}} \cdot \text{Kinder im Haushalt} + \beta_{<81PS} \cdot \text{Motorleistung}_{<81PS} + \beta_{Q_{Min}} \cdot \text{Pünktlichkeit}_{\text{Minuten MIV2}} \\
& + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} \\
& + \beta_{\text{Type Mittel-/Oberklasse}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Mittel-/Oberklasse}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} \\
& + \beta_{Q_{M2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 MIV2}} + \beta_{Q_{M3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 MIV2}} + \beta_{Q_{M4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 MIV2}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
U_{MIV3} = & \text{Konstante}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{MIV1}}{\emptyset \text{ Reisezeit}_{MIV}} \right)^{\lambda_{\text{Reisezeit MIV}}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen MIV}}} \\
& + \beta_{\text{Reisekosten MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{MIV1}}{\emptyset \text{ Reisekosten}_{MIV}} \right)^{\lambda_{\text{Reisekosten MIV}}} + \beta_{\text{Ziel Einwohner } >5.000 <25.000} \cdot \text{Ziel}_{\text{Einwohner } >5.000 <25.000} \\
& + \beta_{\text{Start Einwohner } >1.000 <5.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >1.000 <5.000} + \beta_{\text{Start Siedlungsstruktur 1-4}} \cdot \text{Start}_{\text{Siedlungsstruktur 1-4}} \\
& + \beta_{\text{Start Einwohner } >20.000} \cdot \text{Start}_{\text{Einwohner } >20.000} + \beta_{\text{Straßentyp1}} \cdot \text{Straßentyp}_{MIV3} \\
& + \beta_{\text{Alter 41-60}} \cdot \text{Alter}_{41-60} + \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}} \\
& + \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}} \\
& + \beta_{\text{Kinder im Haushalt}} \cdot \text{Kinder im Haushalt} + \beta_{<81PS} \cdot \text{Motorleistung}_{<81PS} + \beta_{Q_{Min}} \cdot \text{Pünktlichkeit}_{\text{Minuten MIV3}} \\
& + \beta_{\text{Jahresfahrleistung } <10.000\text{km}} \cdot \text{Jahresfahrleistung}_{<10.000\text{km}} + \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} \\
& + \beta_{\text{Type Mittel-/Oberklasse}} \cdot \text{Autokategorie}_{\text{Mittel-/Oberklasse}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} \\
& + \beta_{Q_{M2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 MIV3}} + \beta_{Q_{M3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 MIV3}} + \beta_{Q_{M4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 MIV3}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
U_{OEV} = & \text{Konstante}_{OEV} + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{OEV}}{\emptyset \text{ Reisezeit}_{OEV}} \right)^{\lambda_{\text{Reisezeit OEV}}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{ Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda_{\text{Einkommen MIV}}} \\
& + \beta_{\text{Reisekosten MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{OEV}}{\emptyset \text{ Reisekosten}_{OEV}} \right)^{\lambda_{\text{Reisekosten OEV}}} + \beta_{Q_{Min}} \cdot \text{Pünktlichkeit}_{\text{Minuten OEV}} \\
& + \beta_{\text{ÖV-(Halb)Jahr}} \cdot \text{ÖV-Jahreskarten-Besitzer} + \beta_{\text{ÖV-Monat}} \cdot \text{ÖV-Monatskarten-Besitzer} \\
& + \beta_{Q_{M2}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2 OEV}} + \beta_{Q_{M3}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3 OEV}} + \beta_{Q_{M4}} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4 OEV}}
\end{aligned}$$

Tabelle 40: Modell für den Freizeit- und Einkaufsverkehr mit soziodemografischen Eigenschaften

Nutzenfunktion
$U_{MIV1} = \text{Konstante}_{MIV1} + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{MIV1}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{MIV}} \right)^{\lambda \text{Reisezeit}_{MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda \text{Einkommen}_{MIV}}$ $+ \beta_{\text{Reisekosten}_{MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{MIV1}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{MIV}} \right)^{\lambda \text{Reisekosten}_{MIV}}$ $+ \beta_{QM2} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2}_{MIV1}} + \beta_{QM3} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3}_{MIV1}} + \beta_{QM4} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4}_{MIV1}}$ $+ \beta_{QMin} \cdot \text{Pünktlichkeit}_{\text{Minuten}_{MIV1}} + \beta_{\text{Straßentyp1}} \cdot \text{Straßentyp}_{MIV1}$ $+ \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{<81PS} \cdot \text{Motorleistung}_{<81PS}$ $+ \beta_{\text{Automobilklub}} \cdot \text{Automobilklub} + \beta_{\text{Beruf Sonstiges}} \cdot \text{Stellung im Beruf}_{\text{Sonstiges}}$ $+ \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}}$
$U_{MIV2} = \text{Konstante}_{MIV2} + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{MIV2}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{MIV}} \right)^{\lambda \text{Reisezeit}_{MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda \text{Einkommen}_{MIV}}$ $+ \beta_{\text{Reisekosten}_{MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{MIV2}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{MIV}} \right)^{\lambda \text{Reisekosten}_{MIV}}$ $+ \beta_{QM2} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2}_{MIV2}} + \beta_{QM3} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3}_{MIV2}} + \beta_{QM4} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4}_{MIV2}}$ $+ \beta_{QMin} \cdot \text{Pünktlichkeit}_{\text{Minuten}_{MIV2}} + \beta_{\text{Straßentyp1}} \cdot \text{Straßentyp}_{MIV2}$ $+ \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{<81PS} \cdot \text{Motorleistung}_{<81PS}$ $+ \beta_{\text{Automobilklub}} \cdot \text{Automobilklub} + \beta_{\text{Beruf Sonstiges}} \cdot \text{Stellung im Beruf}_{\text{Sonstiges}}$ $+ \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}}$
$U_{MIV3} = \text{Konstante}_{MIV3} + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{MIV3}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{MIV}} \right)^{\lambda \text{Reisezeit}_{MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda \text{Einkommen}_{MIV}}$ $+ \beta_{\text{Reisekosten}_{MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{MIV3}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{MIV}} \right)^{\lambda \text{Reisekosten}_{MIV}}$ $+ \beta_{QM2} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2}_{MIV3}} + \beta_{QM3} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3}_{MIV3}} + \beta_{QM4} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4}_{MIV3}}$ $+ \beta_{QMin} \cdot \text{Pünktlichkeit}_{\text{Minuten}_{MIV3}} + \beta_{\text{Straßentyp1}} \cdot \text{Straßentyp}_{MIV3}$ $+ \beta_{\text{Treibstoff Diesel}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Diesel}} + \beta_{\text{Treibstoff Benzin}} \cdot \text{Treibstoff}_{\text{Benzin}} + \beta_{<81PS} \cdot \text{Motorleistung}_{<81PS}$ $+ \beta_{\text{Automobilklub}} \cdot \text{Automobilklub} + \beta_{\text{Beruf Sonstiges}} \cdot \text{Stellung im Beruf}_{\text{Sonstiges}}$ $+ \beta_{\text{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}} \cdot \text{Beschäftigungsverhältnis}_{\text{Teil/Gering/in Ausbildung}}$ $+ \beta_{\text{Fahrzeughalter Selbst/Firma}} \cdot \text{Fahrzeughalter}_{\text{Selbst/Firma}} + \beta_{\text{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}} \cdot \text{Bildung}_{\text{Pflicht/Mittel/Lehre}}$
$U_{OEV} = \text{Konstante}_{OEV} + \beta_{\text{Reisezeit}} \cdot \left(\frac{\text{Reisezeit}_{OEV}}{\emptyset \text{Reisezeit}_{OEV}} \right)^{\lambda \text{Reisezeit}_{OEV}} \cdot \left(\frac{\text{Persönliches Einkommen}}{\emptyset \text{Persönliches Einkommen}} \right)^{\lambda \text{Einkommen}_{OEV}}$ $+ \beta_{\text{Reisekosten}_{MIV}} \cdot \left(\frac{\text{Reisekosten}_{OEV}}{\emptyset \text{Reisekosten}_{OEV}} \right)^{\lambda \text{Reisekosten}_{OEV}}$ $+ \beta_{\text{ÖV-(Halb)Jahr}} \cdot \text{ÖV-Jahreskarten-Besitzer} + \beta_{\text{ÖV-Monat}} \cdot \text{ÖV-Monatskarten-Besitzer}$ $+ \beta_{QM2} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q2}_{OEV}} + \beta_{QM3} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q3}_{OEV}}$ $+ \beta_{QM4} \cdot \text{Verlässlichkeit}_{\text{Typ Q4}_{OEV}} + \beta_{QMin} \cdot \text{Pünktlichkeit}_{\text{Minuten}_{OEV}}$

Wie

Tabelle 41 zeigt, weisen die nicht-linearen erweiterten Modellschätzungen mit einem Varianzanteil von 12,7% bis 16,2%, einen zufriedenstellenden Erklärungswert auf. Für alle Reisezwecke ist der erwartete negative Zusammenhang der Reisekosten und der Reisezeit zur Auswahlwahrscheinlichkeit festzustellen, ausgedrückt durch das Vorzeichen des Koeffizienten (Einkaufsverkehr) bzw. des Exponenten (Berufs- und Freizeitverkehr). Das Einkommen geht, wie in den vorhergehenden Modellspezifikationen, nutzenerhöhend in die Schätzung der Auswahlwahrscheinlichkeit ein, jedoch ist der entsprechende Parameter in dieser Modellschätzung als Exponent berücksichtigt und erreicht hier nur für den Freizeitverkehr und das kombinierte Modell (Einkaufs- und Freizeitverkehr) statistische Signifikanz. Personen mit ÖV-Abos weisen wiederum eine Präferenz für öffentliche Verkehrsmittel gegenüber dem PKW auf.

Als bedeutsame Routenwahlcharakteristika konnten neben den Attributen der Grundmodelle die Verlässlichkeit des Verkehrsmittels und der Straßentyp identifiziert werden. Je höher die mögliche Verspätung (β_{QM}) bei einer Routenwahlalternative ist, desto geringer ist ihre Auswahlwahrscheinlichkeit. Dies gilt für alle Reisezwecke. In Bezug auf den motorisierten Individualverkehr stellte sich der Straßentyp Autobahn in den Modellen für den Freizeitverkehr sowie im kombinierten Modell (Einkaufs- und Freizeitverkehr) als nutzenerhöhend heraus.

Hinsichtlich soziodemografischer Einflussgrößen lässt sich ein negativer Nutzen der mittleren Alterskategorien (21 bis 60 Jahre) für die Entscheidung, die Strecke zu einem Einkaufsziel mit dem PKW zurückzulegen, erkennen. Auf der Strecke zu einem Freizeitziel ergibt sich ebenso ein negativer Nutzen für den motorisierten Individualverkehr in der Gruppe der 41- bis 60-Jährigen. D.h. diese Altersgruppen entscheiden sich bei Freizeitaktivitäten (Einkaufs- bzw. Freizeitverkehr) eher für öffentliche Verkehrsmittel. Für den Berufsverkehr lässt sich in diesem Modell kein unmittelbarer Einfluss des Alters nachweisen.

Führerscheinbesitzer mit mindestens einem im eigenen Haushalt lebenden Kind wählen ebenfalls im Freizeitverkehr bevorzugt öffentliche Verkehrsmittel.

Bewohner von Städten mit geringer Einwohnerzahl erledigen Einkaufsfahrten eher mit dem PKW als mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Personen, die in Städten mit hoher Einwohnerzahl leben, wählen für Freizeitaktivitäten bevorzugt öffentliche Verkehrsmittel.

Eine geringe Jahresfahrleistung verringert die Wahrscheinlichkeit der PKW-Nutzung bei allen Fahrtzwecken. Demgegenüber erhöht die Verfügbarkeit eines Autos mit hoher Motorleistung die Wahrscheinlichkeit der PKW-Nutzung im Berufs- und Einkaufsverkehr. Ist das vorwiegend gefahrene Auto der eigene oder ein Firmenwagen, so fällt bei den Fahrtzwecken Berufs- und Freizeitverkehr, sowie dem kombinierten Fahrtzweck Einkaufs- und Freizeitverkehr die Entscheidung eher auf den PKW als auf öffentliche Verkehrsmittel.

Tabelle 41: Ergebnisse der Schätzung für die Modelle aus den Tabellen 37 – 40

Modell		Berufsverkehr		Einkaufsverkehr		Freizeitverkehr		Einkaufs- u. Freizeitverkehr	
Modell Charakteristika									
N		4.140		5.316		5.946		11.262	
L (0)		-5.739.259		-7.369.541		-8.242.906		-15.612.447	
L (C)		-5.429.638		-7.072.423		-8.021.810		-15.101.809	
Final Log-Likelihood		-4.785.033		-6.276.208		-13.529.828		-7.169.028	
LL – Ratio Test		1.908.452		2.186.665		2.147.757		4.165.239	
Adjusted ρ^2		0,162		0,145		0,127		0,131	
Variablen	Einheit	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test	Koeff.	t-Test
$\beta_{Reisezeit}$	1/min			-1,5500	-13,73**	11,2000	7,13**	9,9600	6,53**
$\beta_{Reisezeit MIV}$	1/min	5,5600	3,89**						
$\beta_{Reisezeit ÖV}$	1/min	9,1800	4,16**						
$\beta_{Reisekosten}$	1/€			2,5800	10,77**				
$\beta_{Reisekosten MIV}$	1/€	1,6200	7,53**			2,1100	11,26**	2,5700	9,24**
$\beta_{Reisekosten ÖV}$	1/€	4,1600	6,48**			9,9200	5,11**	12,6000	3,90**
$\beta_{Alter 21-40}$				-0,4040	-3,39**				
$\beta_{Alter 41-60}$				-0,6460	-5,41**	-0,1620	-2,73**		
$\beta_{Automobilklub}$								0,1990	2,60**
$\beta_{Arbeiter/Angestellter/Beamter}$		-0,9250	-5,87**	0,2300	2,56*				
$\beta_{Selbstständig}$		-0,9920	-3,96**						
$\beta_{Beruf Sonstiges}$								-0,4460	-3,50**
$\beta_{Beschäftigung Teil/Gering/in Ausbildung}$						0,2000	2,71**	0,2500	2,52*
$\beta_{Fahrzeughalter Selbst/Firma}$		0,4490	3,40**			0,3680	5,54**	0,4440	4,99**
$\beta_{Bildung Matura/Kolleg/UNI}$				-0,7020	-7,77**				
$\beta_{Bildung Pflicht/Mittel/Lehre}$						0,4170	6,80**	0,2980	3,53**
$\beta_{Jahresfahrleistung <10.000km}$		-0,2130	-2,12*	-0,5020	-5,38**	-0,3160	-5,26**		
$\beta_{Kinder im Haushalt}$						-0,1980	-3,33**		
$\beta_{<81PS}$						-0,3190	-5,12**	-0,3860	-4,68**
$\beta_{>136PS}$		0,3470	3,03**	0,8050	5,24**				
$\beta_{>81PS <136PS}$				0,4110	4,48**				
β_{QM2}		-0,2110	-3,77**	-0,4560	-9,53**	-0,7090	-11,63**	-0,6780	-8,08**
β_{QM3}		-0,5860	-9,75**	-0,7260	-14,35**	-1,3100	-14,26**	-1,3500	-10,53**
β_{QM4}		-0,5390	-5,18**	-0,6690	-7,98**	-1,2700	-11,97**	-1,3400	-9,07**
β_{QMmin}						0,0876	7,22**	0,0883	5,68**
$\beta_{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}$						-0,3770	-4,43**		

$\beta_{\text{Start Einwohner } >1.000 <5.000}$			0,4700	4,57**				
$\beta_{\text{Start Einwohner } >20.000}$					-0,5550	-6,72**		
$\beta_{\text{Stra\ssentyp1}}$					0,1770	3,25**	0,1970	2,63**
$\beta_{\text{ÖV-(Halb)Jahr}}$	2,3500	9,45**	0,7410	7,26**	2,7200	13,98**	3,1500	11,14**
$\beta_{\text{ÖV-Monat}}$	2,2100	7,52**	0,7610	4,68**	2,8600	13,52**	3,5200	11,62**
$\beta_{\text{Treibstoff Benzin}}$	-0,2230	-2,41*	0,7090	4,23**	0,8780	7,22**	0,8920	5,01**
$\beta_{\text{Treibstoff Diesel}}$			0,6360	3,83**	0,6370	5,33**	0,5730	3,25**
$\beta_{\text{Auto Mittel-/Oberklasse}}$					0,2750	3,73**		
$\beta_{\text{Type Sport/SUV/VAN}}$	-0,5710	-5,00**						
$\beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 1-4}}$	-0,2830	-2,63*						
$\beta_{\text{Ziel Siedlungsstruktur 8-9}}$	-0,2790	-2,10*						
$\beta_{\text{Ziel Einwohner } >5.000 <25.000}$					-0,2250	-3,53**		
$\lambda_{\text{Reisekosten}}$	-0,3110	-9,08**			-0,1270	-5,90**	-0,1040	-4,29**
$\lambda_{\text{Reisekosten MIV}}$			-0,3150	-14,69**				
$\lambda_{\text{Reisekosten OEV}}$			-0,3720	-12,77**				
$\lambda_{\text{Einkommen MIV}}$					0,2180	3,69**	0,3420	4,62**
$\lambda_{\text{Einkommen OEV}}$					0,2040	3,69**	0,3160	4,57**
$\lambda_{\text{Reisezeit}}$	-0,1940	-4,64**						
$\lambda_{\text{Reisezeit MIV}}$					-0,0999	-6,58**	-0,1170	-5,37**
$\lambda_{\text{Reisezeit OEV}}$					-0,1800	-8,12**	-0,2330	-7,40**
$Konstante_{MIV1}$	2,2600	2,31**	0,3520	1,72	-8,1200	-4,17**	-11,2000	-3,47**
$Konstante_{MIV2}$	1,6600	1,71	0,1940	0,94	-8,3200	-4,25**	-11,3000	-3,51**
$Konstante_{MIV3}$	1,3500	1,39	-0,0860	-0,40	-8,7000	-4,43**	-11,7000	-3,62**

* signifikant auf dem 95%-Niveau ($p < 0,05$)

** hoch signifikant auf dem 99%-Niveau ($p < 0,01$)

5.3.5 Exkurs: Wahrnehmung der Kostenkomponenten

Als potentielle Einflussgröße auf die Routenwahlentscheidung soll im Folgenden die Rolle der Gesamtwahrnehmung der Kostenkomponenten untersucht werden. In den vorgegebenen Wahlaufgaben wurden allen Probanden die Einzelkosten der kostengebundenen Attribute (Treibstoff-/Ticketkosten und Straßenbenützungsgebühren) angezeigt. Die Gesamtkosteninformation jeder Alternative wurden bei jedem zehnten Fragebogen ausgeblendet, um deren Bedeutung für das Entscheidungsverhalten ermitteln zu können. Die tatsächlichen Gesamtkosten wurden durchgängig im Hintergrund berechnet und für die Modellschätzungen abgespeichert.

Um den Einfluss der Gesamtkosteninformation auf das Entscheidungsverhalten zu untersuchen, wurden die Routenwahlmodelle getrennt für die Substichprobe mit und jene ohne Gesamtkosteninformation geschätzt. In Tabelle 3 wird deutlich, dass sich bei Ausblendung der Gesamtkosten das Routenwahlverhalten anhand der untersuchten Routencharakteristika und soziodemografischen Variablen besser vorhersagen lässt (ρ^2), als wenn die Gesamtkosteninformation den Verkehrsteilnehmern dargeboten wird.

Tabelle 42: Übersicht der geschätzten Zeitkosten in Abhängigkeit des Einkommens gesplittet nach Reisezweck

Modell	Show Total Costs	N	ρ^2 ohne soziodemografische Variablen	ρ^2 mit soziodemografischen Variablen
Berufsverkehr	Ja	4.140	0,092	0,176

Berufsverkehr	Nein	444	0,233	0,280
Einkaufsverkehr	Ja	5.316	0,085	0,154
Einkaufsverkehr	Nein	498	0,129	0,201
Freizeitverkehr	Ja	11.262	0,103	0,179
Freizeitverkehr	Nein	528	0,168	0,220
Einkaufs- und Freizeitverkehr	Ja	5.946	0,089	0,164
Einkaufs- und Freizeitverkehr	Nein	1026	0,131	0,219

Abbildung 27 zeigt die Reisezeitersparnis (VTTS) in Abhängigkeit vom Einkommen und der Gesamtkosteninformation für die drei einzelnen Fahrtzwecke. Hier ist ein negativer Einfluss der Gesamtkosteninformation auf den Zeitwert zu beobachten. Die Ordinatenabschnitte weisen für den Zeitwert in der Bedingung „Show“ im Berufs- und Freizeitverkehr ein geringeres Niveau auf, als in der Bedingung „No Show“, d.h. die Zahlungsbereitschaft ist bei Ausblendung der Gesamtkosten höher als bei Anzeige der Gesamtkosten.

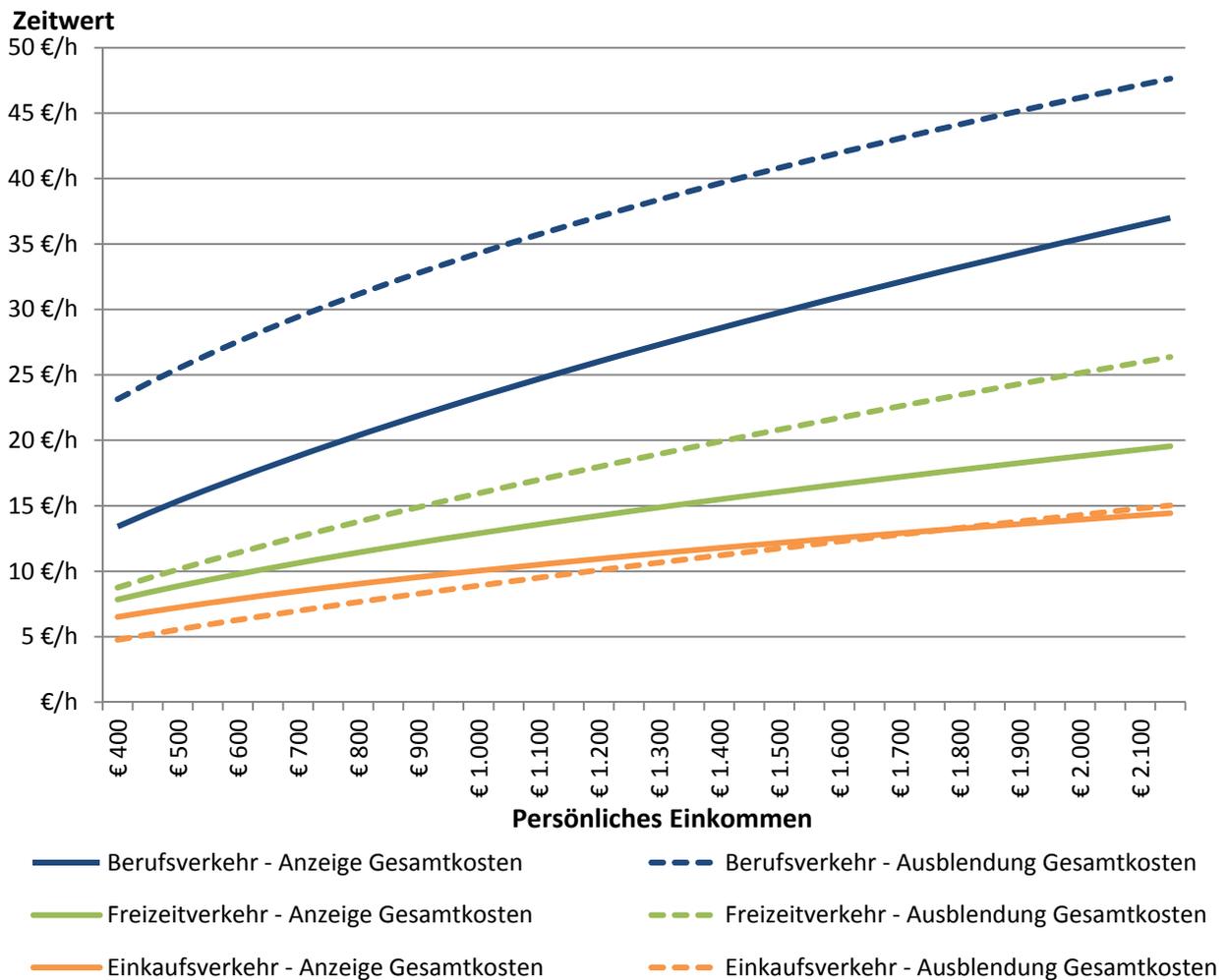


Abbildung 27: Zeitwert in Abhängigkeit vom Einkommen und Reisezweck für den motorisierten Individualverkehr

Im Berufsverkehr ist bei fehlender Gesamtkosteninformation ein um etwa zwei Drittel höherer Zeitwert als bei Verfügbarkeit der Gesamtkosteninformation zu verzeichnen (No Show : Show = 1 : 1,7). Im Freizeitverkehr ist der Unterschied bei geringem Einkommen zwar weniger ausgeprägt, zugleich steigt aber die Zahlungsbereitschaft bei diesem Fahrtzweck mit dem Einkommen stärker an,

wenn die Gesamtkosten nicht ersichtlich sind, als wenn diese angezeigt werden. Die höhere Zahlungsbereitschaft bei Ausblendung der Gesamtkosten einer Routenalternative könnte damit erklärt werden, dass in diesem Fall die Kostenkomponente weniger stark in die Routenwahlentscheidung einfließt oder einfach die realen Kosten bei fehlender Gesamtkosteninformation von den Verkehrsteilnehmern unterschätzt werden. Nur im Einkaufsverkehr ist kein Einfluss der Darstellung der Kostenkomponenten auf die Zahlungsbereitschaft objektivierbar.

6 Diskussion und Empfehlungen

6.1 Zusammenfassung

Im Folgenden werden der theoretische Hintergrund sowie die Inhalte und Ergebnisse der empirischen Untersuchung zusammenfassend dargestellt, die daraus gezogenen Schlussfolgerungen erläutert und abschließend diskutiert.

Literaturanalyse

Die Literaturanalyse zeigt, dass es weltweit verschiedenste Arten des Mobility Pricings gibt. Dahinter stehen verschiedene Zielsetzungen, die von der reinen Finanzierung für den Bau und Erhalt der Infrastruktur bis hin zur gezielten Verkehrslenkung reichen. Letzteres wird vor allem bei Problemstrecken und –regionen eingesetzt. Im Mittelpunkt von Maßnahmen des Mobility Pricings steht die Intention, den Verkehr sowohl räumlich als auch zeitlich besser auf die zur Verfügung stehende Straßenfläche und das Angebot des öffentlichen Verkehrs abzustimmen und die bestehenden Verkehrsinfrastrukturen optimal zu nutzen. Die Gebühren sollen hinsichtlich der Rationalisierung bewirken, dass die Nachfrage im Verkehr über das Bepreisungssystem optimal gelenkt wird, an die vorhandenen, nur beschränkt ausbaufähigen Kapazitäten angepasst oder verlagert wird.

Zur Verkehrslenkung werden hier Gebühren nach zeitlichen und lokalen Bestimmungen eingehoben. Damit kann beispielsweise in den Spitzenstunden (7-9 Uhr und 16-18 Uhr) das Verkehrsaufkommen reduziert werden. Diese verkehrslenkenden Maßnahmen haben das Ziel, durch systematische Variation der Preise eine zeitliche Verteilung der Verkehrsmengen zu bewirken, wobei vorhandene Straßenkapazitäten und das Verkehrsaufkommen in unterschiedlichen Zeitperioden Berücksichtigung finden. Auf diesem Weg können die Verkehrsströme auf Alternativstrecken aufgeteilt und die Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln angeregt oder subventioniert werden.

Die Auswirkungen von Road Pricing Strategien hängen einerseits vom jeweils angewandten System (hinsichtlich Preisstaffelung und Benutzergruppen), andererseits von den alternativen Nutzungsmöglichkeiten des Verkehrsnetzes ab. Aus der Literaturanalyse lässt sich die Empfehlung ableiten, das Road Pricing System auf das Angebot des öffentlichen Verkehrs und auf das Stauaufkommen innerhalb bestimmter Zeiträume abzustimmen. Allgemein kann festgehalten werden: Je besser sich die verkehrstechnischen Alternativen gestalten, umso besser zeigen sich die Auswirkungen des Road Pricing Systems.

In dieser Arbeit wurde eine umfassende Kategorisierung der Road Pricing Systeme nach ihren Hauptzielen und Nebeneffekten vorgenommen. Basierend auf der Literaturanalyse wurden folgende Merkmale von Road Pricing Systemen ermittelt: Finanzierung & Erhalt, Zufahrtsbeschränkung, Verkehrslenkung, ÖV-Förderung, Änderung der Routenwahl / Abfahrzeitpunkt / Verkehrsmittelwahl, Abnahme Stauung, Umweltschutz, garantierte Reisezeit als Ziel ermittelt. Anhand dieser Merkmale wurden die einzelnen Systeme näher aufgeschlüsselt, hinsichtlich der Begründung, dem Bepreisungsobjekt und der Form etc. näher betrachtet und verglichen. Auch wurden die wurden. Die nähere Analyse legt eine Wechselwirkung zwischen den Zielen und Effekten der Bepreisungsmaßnahmen nahe.

Der internationale Vergleich lässt erkennen, dass länderübergreifende Maßnahmen und nationale Maßnahmen außerhalb Österreichs deutlich breiter gefächert sind als die Road Pricing Systeme in Österreich. Die neuesten Entwicklungen des Road Pricings weisen eine Trend in Richtung variabler

und dynamischer Bepreisungsschemen auf sowie Ermäßigungen für spezifische Benutzergruppen (Fahrgemeinschaften, Elektrofahrzeuge, etc.).

Für die Planung und den effektiven Einsatz von Road Pricing Maßnahmen werden in der Regel Verkehrsmodelle eingesetzt. Diese Modelle sollen die reale Verkehrssituation und Infrastruktur darstellen, um daraus prognostische Aussagen für die gezielte Verkehrslenkung ableiten zu können. Hierzu werden Faktoren erhoben, für die ein Einfluss auf das Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer und damit das Verkehrsaufkommen angenommen wird.

In der vorliegenden empirischen Studie wurden neben dem Einfluss der Reisezeit und der Verlässlichkeit auch monetäre Größen, wie Treibstoffkosten, Ticketkosten und Mautkosten, als mögliche entscheidungsrelevante Variablen untersucht. Zunächst wurden diese situativen Einflussgrößen in einem Stated Preference Experiment empirisch erhoben, wobei zusätzlich soziodemografische Variablen berücksichtigt wurden. In der Folge wurden daraus Routenwahlmodelle generiert, die eine Schätzung des Entscheidungsverhaltens der Verkehrsteilnehmer erlauben sollen. Diese Modelle dienen dazu, das Entscheidungsverhalten unter heutigen Bedingungen zu analysieren und Vorhersagen für Verhaltensänderungen unter zukünftigen Bedingungen zu treffen.

Bisherige theoretische und empirische Arbeiten liefern relevante Erkenntnisse hinsichtlich der Einführung von Road Pricing Maßnahmen:

Systemkonzeption

Die Grundlage für die Planung bildet eine Zielvorgabe, die eine ganzheitliche Verkehrslenkung (z.B. für motorisierten Individualverkehr und öffentlichen Verkehr) anstrebt. Mehrere Ziele müssen klar definiert und untereinander abgestimmt sein. Eine Verkehrsänderung kann es nur dann geben, wenn Maßnahmen systemübergreifend abgestimmt werden. Ein umfassendes Maßnahmenbündel erhöht sowohl den Erfolg als auch die Akzeptanz der Zielvorgaben.

Akzeptanz

Jeder Einsatz von Road Pricing Maßnahmen braucht Akzeptanz, um dauerhaft bestehen bleiben zu können. Die Preisgestaltung muss sozial vertretbar sein und auf einem volkswirtschaftlichen Hintergrund basieren. Für ein hohes Akzeptanzniveau muss die Bevölkerung zudem bereits im Vorfeld über die Ziele und Wirkungen der Maßnahmen aufgeklärt werden.

Tarifgestaltung

Eine sorgfältige Gestaltung der Tarife und Rahmenbedingungen ist unumgänglich. Mit gezielten Road Pricing Tarifen kann das Verkehrsaufkommen zweckmäßig beeinflusst werden. Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass die Kosten (d.h. der Tarif) nicht der einzige relevante Parameter für eine Routenwahlentscheidung sind.

Umwelt

Road Pricing Maßnahmen können die Lebensqualität erhöhen. Dies zeigt sich zum Beispiel in der Minimierung der Lärm- und Schadstoffemissionen.

Aus der Analyse und dem Vergleich der unterschiedlichen Systeme lässt sich der Bedarf der Erhebung von Eingangsdaten ableiten, um mögliche landesspezifische, entscheidungsrelevante Einflussfaktoren zu erfassen. Mit Hilfe dieser Erkenntnisse können basierend auf einem größeren Datenpool Modellierungen und Simulationen durchgeführt werden, welche die Auswirkung von Road Pricing Maßnahmen auf das Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer, beispielsweise auf die

Routenwahl oder die Wahl des Verkehrsmittels, abbilden. Dabei müssten einzelnen Schritte der Verkehrserzeugung, Zielwahl, Routenwahl etc. ebenfalls betrachtet und analysiert werden.

Modellentwicklung

Um die Auswirkung von Verkehrslenkungsmaßnahmen (insbesondere Road Pricing Maßnahmen) näher zu untersuchen, wurde im Rahmen eines Stated Preference Experiments das Routenwahlverhalten der österreichischen Verkehrsteilnehmer erhoben. In einer standardisierten Wahlaufgabe mussten die Probanden ihre Präferenz hinsichtlich alternativer vorgegebener Routenwahloptionen angeben. Die gewonnenen Daten dienen als Grundlage für die Entscheidungsmodellierung, aus der bedeutsame Einflussgrößen für die Routenwahlentscheidung bestimmt werden können. Aus diesen Modellen wären Szenarien für die Gestaltung von Road Pricing Maßnahmen aufgrund der ableitbar. Die Modellentwicklung soll einerseits eine systematische Beschreibung komplexer Verhaltensreaktionen von Verkehrsteilnehmern ermöglichen und andererseits als Grundlage für Entwicklung und Evaluation von Road Pricing Maßnahmen dienen.

Datenerhebung

Aufbauend der vorangegangenen Literaturanalyse und mehreren Pre-Tests wurde ein Versuchsplan für das Stated Preference Experiment erstellt. Durch den Mix aus unterschiedlichen Erhebungswerkzeugen (Persönliche Befragungen, postalische Befragung und Internetbefragung) konnte eine Stichprobe repräsentative Stichprobe der österreichischen Bevölkerung gezogen werden. Im Zeitraum von Juni 2011 – Juli 2012 wurden rund 2800 Personen (Teilnahmebedingung war hierbei mindestens zwei selbstständig durchgeführte Fahrten mit einem Auto pro Monat) im Rahmen der Studie befragt. Die Erhebung wurde interaktiv mit Hilfe von Tablet Computer (iPads), Internetbefragung oder mit einem mehrphasigen postalischen Befragung durchgeführt.

Studienergebnisse

Die vorliegende Arbeit untersuchte sowohl einfache als auch komplexe Ansätze von Routenwahlentscheidungen. Die Modellschätzungen erfolgten mit Hilfe der Software BIOGEME. In einer schrittweisen Analyse wurden unterschiedliche Modellansätze auf ihre Plausibilität und ihr Erklärungspotential hin geprüft und die Modellspezifikationen mit der höchsten Modellgüte in der Folge weiter ausgebaut, mit dem Ziel ein möglichst aussagekräftiges Routenwahlentscheidungsmodell für Berufs-, Freizeit- und Einkaufsverkehr zu bilden.

Die Parameter Reisekosten und Reisezeit zeigen in internationalen Studien den stärksten Effekt auf das Entscheidungsverhalten. Für den Einfluss der Variable Verlässlichkeit bzw. Pünktlichkeit findet sich allerdings nur im Berufsverkehr gesicherte Evidenz. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stehen im Einklang mit diesen empirischen Befunden. Erwartungsgemäß sinkt in den ermittelten Modellansätzen die Wahrscheinlichkeit eine Routenalternative auszuwählen mit steigender Reisezeit und steigenden Reisekosten.

Soziodemografische Variablen lassen in der Regel einen geringeren und weniger eindeutigen Erklärungswert für das Entscheidungsverhalten der Verkehrsteilnehmer erkennen, hier konnten bisher primär Effekte des Einkommens und des Alters nachgewiesen werden. In der aktuellen Untersuchung ließen sich als relevante personspezifische Variablen ÖV-Abos und das Einkommen identifizieren. Der Besitz einer ÖV-Dauerkarte erhöht die Wahrscheinlichkeit, sich für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel zu entscheiden. Weiters ist eine Interaktion zwischen dem Einkommen und der Nachfrageelastizität zu beobachten (siehe unten). Zusätzlich zu den linearen Grundmodellen wurde in dieser Arbeit, durch die Erweiterung der Grundmodelle um nicht-lineare Terme, neben

Reisezeit und Reisekosten, die Rolle verschiedener Routencharakteristika und soziodemografischer Variablen für die Routenwahl sowie deren Interaktion mit Reisezeit und -kosten untersucht.

Hier ist bei Freizeitaktivitäten eine Präferenz der Verkehrsteilnehmer für den PKW gegenüber öffentlichen Verkehrsmitteln zu beobachten, wenn der Weg mit dem Auto über eine Autobahn zurückgelegt werden kann. Zudem verringert sich mit sinkender Verlässlichkeit (als zunehmender möglicher Verspätung) die Wahrscheinlichkeit, dass eine Route ausgewählt wird sowohl im öffentlichen wie auch motorisierten Individualverkehr.

Spezifische soziodemografische Variablen zeigten, neben Einkommen und ÖV-Abos, in den erweiterten, nicht-linearen Modellansätzen einen inkrementellen Erklärungswert:

Etwa ließ sich zeigen, dass Bewohner von Städten mit geringer Einwohnerzahl Einkaufsfahrten eher mit dem PKW als mit öffentlichen Verkehrsmitteln erledigen. Personen, die in Städten mit hoher Einwohnerzahl leben, wählen für Freizeitaktivitäten bevorzugt öffentliche Verkehrsmittel. Führerscheinbesitzer mit mindestens einem im eigenen Haushalt lebenden Kind wählen ebenfalls im Freizeitverkehr bevorzugt öffentliche Verkehrsmittel.

Eine geringe Jahresfahrleistung verringert die Wahrscheinlichkeit der PKW-Nutzung bei allen Fahrtzwecken. Demgegenüber erhöht die Verfügbarkeit eines Autos mit hoher Motorleistung die Wahrscheinlichkeit der PKW-Nutzung im Berufs- und Einkaufsverkehr. Ist das vorwiegend gefahrene Auto der eigene oder ein Firmenwagen, so fällt bei den Fahrtzwecken Berufs- und Freizeitverkehr, sowie dem kombinierten Fahrtzweck Einkaufs- und Freizeitverkehr die Wahl eher auf den PKW als auf öffentliche Verkehrsmittel.

Hinsichtlich der Zahlungsbereitschaft stellten sich Reisezweck und Einkommen des Probanden als relevante Wirkfaktoren heraus. Mit steigendem Einkommen steigt, wie den Schweizer Studien, auch die Zahlungsbereitschaft. Im motorisierten Individualverkehr ist eine höhere Zahlungsbereitschaft als im öffentlichen Verkehr zu verzeichnen, insbesondere am Arbeitsweg.

Zwischen der Reisezeit und der Zahlungsbereitschaft ist in der aktuellen Untersuchung ein umgekehrt proportionaler (und in den nicht-linearen Modellansätzen zudem negativ beschleunigter) Zusammenhang ersichtlich. D.h. je höher die Reisezeit, umso geringer ist die Bereitschaft für einen Zeitgewinn zusätzliche Kosten aufzuwenden. Dieses Ergebnis ließe sich damit erklären, dass eher die absoluten als die relativen Kosten als Entscheidungsgrundlage herangezogen werden und die Reaktion auf diese durch einkommensabhängigen Budgetbeschränkungen und die a priori erwartete („subjektive“) Verlässlichkeit des Verkehrsmittels moderiert wird. Die Verkehrsteilnehmer orientieren ihre Zahlungsbereitschaft an ihrem Einkommen und an den erwartbaren Kosten für eine Zeitverzögerung, weniger an dem erwartbaren absoluten Zeitgewinn durch Kostenaufwendung. Eine andere Erklärung wäre, dass mit zunehmender Reisezeit einer absoluten Zeitverzögerung (wie sie im Zeitwert repräsentiert ist) weniger Relevanz beigemessen wird und daher auch die Bereitschaft zusätzliche Kosten in Kauf zu nehmen sinkt. Dieses Ergebnis steht im Widerspruch den Studienergebnissen der ETH Zürich für die Schweiz, wo ein Anstieg der Zahlungsbereitschaft mit der Reisezeit gefunden wurde. Der Unterschied zu früheren Studien könnte aus der vergleichsweise geringeren relativen Abweichung von den Basiswerten der Reisezeit und der Reisekosten im vorliegenden Design oder aus anderen methodischen Spezifika resultieren.

Schließlich ließ sich im Rahmen der vorliegenden Studie ein negativer Einfluss der Verfügbarkeit der Gesamtkosteninformation auf die Zahlungsbereitschaft für den Berufs- und Freizeitverkehr, nicht jedoch für den Einkaufsverkehr, zeigen. Zusätzlich war ein moderierender Einfluss des Einkommens festzustellen. Die höhere Zahlungsbereitschaft bei Ausblendung der Gesamtkosten einer

Routenalternative könnte damit erklärt werden, dass in diesem Fall die Kostenkomponente weniger stark in die Routenwahlentscheidung einfließt oder einfach die realen Kosten bei fehlender Gesamtkosteninformation von den Verkehrsteilnehmern unterschätzt werden.

Zeitkosten

Die Studie zeigt, dass es unterschiedliche Zeitkostensätze für die generalisierten Kosten eingesetzt werden können. Die Berechnungen zeigen, dass es differenzierte Zeitkostensätze nach dem Berufs-, Einkaufs- und Freizeitverkehr gibt. Man konnte hier auch eine unterschiedliche Zahlungsbereitschaft in Abhängigkeit des Einkommens und der Reisedauer bestimmen.

Diese Erkenntnis würde den Einsatz einer variablen oder dynamischen Bepreisung je nach Tageszeit, Straßentyp und Verkehrsaufkommen im Vergleich zu einer Besteuerung des Treibstoffes hinsichtlich eines Lenkungseffektes bedienen.

Man kann zum Beispiel von den Zeitkostensätzen als auch von den Ergebnisse von den Modellen ableiten, dass beim täglichen Einkaufsverkehr hier deutlich weniger Bereitschaft für eine Straßenbenutzungsgebühr zu bezahlen als dasselbe Individuum von der Soziodemografie beim Berufsverkehr. Mögliche Wechselwirkungen und Prognosen über Langzeiteffekte bei einer variablen oder dynamischen Straßenbenutzungsgebühr können mit Hilfe dieser erhobenen Daten nicht gemacht werden. Eine automatische Abnahme einer Verkehrsleistung des motorisierten Individualverkehrs ist automatisch als Langzeiteffekt mit dieser Studie nicht vorhersehbar.

Das zeigt das Beispiel der Treibstoffpreisentwicklung in Österreich. Zum Jahresbeginn 2000 kostete Super 0,867 €/Liter, Diesel 0,722 €/Liter, im Vergleich im Jahr 2012 Super 1,649 €/Liter, Diesel 1,599 €/Liter. Bei der Berücksichtigung der realen Treibstoffpreise sind laut Herry [2007] von 1955 bis 2003 gesunken. Seit 2003 gibt es hier ein Anstieg der realen Treibstoffpreise aufgrund der Erhöhung der Mineralölsteuer und des Rohölpreises [Herry 2007]. Die Verkehrsleistung beim individual Verkehr ist laut Statistik der Europäischen Union von 2000 auf 2008 um rund 10 Prozent gestiegen.

Die Zahlungsbereitschaft der motorisierten Verkehrsteilnehmer für eine Stunde eingesparte Fahrzeit im Berufsverkehr beträgt 38 €/h. Bei der Interaktion von nicht-linearen Termen der Nutzenfunktion haben das persönliche Einkommen und Reiselänge einen Einfluss auf die Zahlungsbereitschaft. Hier gibt es eine Bandbreite von 10 €/h bis 50 €/h. Diese Werte ändern sich jedoch in Abhängigkeit vom Fahrtzweck. Im Freizeit- und Einkaufsverkehr liegen diese deutlich niedriger. Eine weitere Erkenntnis ist das die Zeitwerte mit den Gesamtreisekosten sinken. Das bedeutet bei längere Fahrten ist die Bereitschaft aufgrund der Restriktion der Limitation der Kosten nach oben beschränkt.

Die differenzierten Zeitwerte können zukünftig für großräumige Simulationen in Österreich zum Beispiel am Verkehrsmodell Österreich eine Verwendung finden. Diese Grundlagen der Verhaltensreaktionen können bei Maßnahmen hinsichtlich Mobility Pricing verkehrliche Auswirkungen quantifiziert werden. Mit Hilfe dessen ist möglich verschiedenste verkehrspolitische Varianten von Bepreisung von Straßen zu modellieren und zu kontrollieren ob die verkehrspolitischen Ziele erreicht werden.

Es ist hier nicht mehr nötig Modelle und Parameter von ausländischen Studien zu verwenden welche sich von soziodemografischen Profil der Bevölkerung, Kulturelle Einstellung, Wirtschaftsdaten etc. ähnlich sind.

Sondern es können die Nutzenfunktionen für Simulationen hinsichtlich Berufs-, Freizeit- und Einkaufsverkehr herangezogen werden. Der Vorteil hier ist, dass sie auf einer fundamentierten Basis

einer größer angelegten Befragung sprich realen Daten gestützt sind und damit aussagekräftiger sind als von kleinen Österreichischen Studien oder Werte von den Nachbarländern.

Welche zukünftig für Multiagentensimulationen eingesetzt werden könne. Diese Simulationen haben die Möglichkeit im Vergleich zu herkömmliche Verkehrsplanungssoftware die modellierten Verhaltensänderungen aufgrund von Schwankungen in der Reisezeit und Kosten auf individueller Ebene zu berücksichtigen. Draus aufbauend könnten abgestimmt auf das individuelle Einkommen die Wohlfahrtsveränderungen bei einer Verteuerung eines der beiden Verkehrsmittel analysiert werden. Aufbauen auf dessen Analysen wären Ausgestaltungen von zukünftigen Straßenbenutzungsgebühren oder Tarife im Öffentlichen Verkehr auf die gesellschaftliche Akzeptanz abgestimmt welche eine Nachhaltigkeit hinsichtlich von Verkehrspolitische Entscheidungen mit sich führen.

6.2 Diskussion – Grundlage für weitere Untersuchungen

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie belegen im Einklang mit Vorgängerarbeiten den systematischen Effekt von Reisekosten und Reisezeit auf das Routenwahlverhalten von Verkehrsteilnehmern, was die empirische Brauchbarkeit der verwendeten Modellansätze untermauert. Darüberhinausgehend stellten sich Dauerkarten für den öffentlichen Verkehr, sowie soziodemografische Charakteristika wie Einkommen, PKW-Besitz, Einwohnerzahl des Wohnortes oder die Kinder im eigenen Haushalt als für die Routen- bzw. Verkehrsmittelwahl relevante Einflussgrößen heraus. Hinsichtlich der drei Verkehrszwecke Berufs-, Einkaufs- und Freizeitverkehr waren teils unterschiedliche entscheidungsrelevante Einflussgrößen und Zeitwerte zu finden. Daher ist die Relevanz dieser Differenzierung bei der Generierung von Routenwahlmodellen hervorzuheben.

Die Ergebnisse der aktuellen Untersuchung verweisen insbesondere auf die Bedeutsamkeit des Einkommens für das Routenwahlverhalten und die Zahlungsbereitschaft der Verkehrsteilnehmer. Auf Basis der generierten Modelle und ermittelten Zeitwerte könnten, im Hinblick auf die Kostenfairness und die gleichmäßige Beeinflussung unterschiedlicher Einkommensgruppen durch Verkehrslenkungsmaßnahmen, einkommensabhängig abgestufte Gebührensysteme entwickelt werden.

Der gefundene differentielle Einfluss soziodemografischer Variablen in Abhängigkeit vom Verkehrszweck und Routencharakteristika legt eine nähere Betrachtung der Empfänglichkeit einzelner Zielgruppen (z.B. Personen mit Kindern im Freizeitverkehr; Personen, die große Distanzen im Berufsverkehr zurücklegen müssen) auf besondere Anreize, wie etwa ÖV-Angebote, im Rahmen weiterer Studien nahe.

Für die Planung variabler und dynamischer Road Pricing Systeme in Österreich ließen sich zudem auf Basis des vorliegenden Datensatzes die Effekte der Routencharakteristika bei unterschiedlichen Nutzergruppen im motorisierten Individualverkehr modellieren. Für hinsichtlich soziodemografischer Charakteristika (z.B. nach Alterskategorie, Geschlecht, Dienstverhältnis, Siedlungsstruktur und Einwohnerzahl des Wohnortes) gefilterte Substichproben könnten ausschließlich auf den motorisierten Individualverkehr bezogene Modellschätzungen ermittelt werden. Auch Extremgruppenvergleiche bei ordinal oder metrisch skalierten Variablen bleiben hier in Erwägung zu ziehen. In der Folge müssten lineare und nicht-lineare Modellansätze in hochaufwendigen statistischen Analysen für alle Substichproben geprüft werden. Auf eine hinreichende Größe der für die getrennten Modellschätzungen herangezogenen Substichproben wäre dabei zu achten. Weiters gälte es mögliche Interkorrelationen zwischen soziodemografischen Variablen (z.B. Bildung und Einkommen) zu berücksichtigen. Um den Raum aufschlussreicher Modellschätzungen einzugrenzen,

ließen sich explorative Mittelwertsvergleiche, etwa der Zahlungsbereitschaft in Abhängigkeit von soziodemografischen Variablen, durchführen.

Die Verlässlichkeit des Verkehrsmittels erwies sich in der vorliegenden wie auch in Vorgängerarbeiten als entscheidender Wirkfaktor auf die Routenwahl. Diesbezüglich könnten Möglichkeiten der Verkehrslenkungen durch die gezielte Steuerung der Verlässlichkeit des Verkehrsmittels (über Wartezeiten) unter nutzenerhöhenden Aspekten zum Gegenstand weiterführender empirischer Arbeiten gemacht werden.

Anhand der erhobenen Daten könnten Szenarien entwickelt werden, die unter Berücksichtigung der Empfindlichkeit des Berufs-, Einkaufs- und Freizeitverkehrs die Auswirkung einer Verschiebung des Abfahrts- und Ankunftszeitpunkts näher betrachten. Frühere Arbeiten fanden, dass im Allgemeinen frühere Abfahrtszeitpunkte gegenüber verspäteten Ankunftszeiten präferiert werden. Folgestudien könnten durch systematische Variation des Abfahrts- und Ankunftszeitpunkts näher betrachten, inwieweit hier etwa Unterschiede zwischen unterschiedlichen Verkehrszwecken, unterschiedlichen Verkehrsteilnehmergruppen bestehen oder inwieweit sich Schwellenwerte, bei denen sich das Entscheidungsverhalten ändert, finden lassen.

Methodisch bleibt relativierend anzumerken, dass die aktuelle Erhebung nur längere Wege (ab 2 km) mit einschloss. Inwieweit Verkehrsteilnehmer bei kurzen Strecken (unter 2 km) ein anderes Entscheidungsverhalten zeigen bei als mittleren und langen Strecken und inwieweit damit andere Routenwahlmodelle abzuleiten sind, müsste in nachgelagerten Studien untersucht werden. Bei Anwendung der vorliegenden Modelle auf kurze Strecken besteht die Gefahr einer Überschätzung der Reisezeitersparnis. Auch könnten unterschiedliche entscheidungsrelevante Attribute bei kleinen Distanzen einen anderen Erklärungswert aufweisen als bei mittleren und großen Distanzen.

Was die Rolle der Eigenschaften unterschiedlicher Freizeitziele betrifft, wären spezifische, ausschließlich auf den Freizeitverkehr bezogene Erhebungen erforderlich. In der vorliegenden Studie wurde den Probanden für den Freizeitverkehr eine Vielzahl von vordefinierten Zielen vorgeschlagen, deren Eigenschaften in das SP-Experiment einfließen. Um der breiten Streuung von Besonderheiten verschiedener Freizeitziele (Art der Aktivitäten, Aufenthaltsdauer, für die Aktivitäten anfallende Kosten, etc.) Rechnung zu tragen, wäre in einer Folgeuntersuchung eine dahingehende differenzierte Analyse anzudenken.

Wie die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, drosselt die Anzeige Gesamtkosten die Zahlungsbereitschaft der Verkehrsteilnehmer. Diese Erkenntnis ließe sich für Verkehrslenkungsmaßnahmen nutzbar machen, etwa über GPS-integrierte Kostenanzeigen oder über Information durch Medien bzw. Werbemaßnahmen.

In der aktuellen Studie wurde ein von früheren Arbeiten differierender Einfluss der Reisezeitersparnis in Abhängigkeit von Einkommen und Reisezeit gefunden. Dieses Ergebnis könnte aus der vergleichsweise geringeren relativen Abweichung von den Basiswerten der Reisezeit und der Reisekosten im vorliegenden Design oder aus anderen methodischen Spezifika resultieren. Sollten sich die aktuellen Ergebnisse auf nationaler Ebene in anderen Designs replizieren lassen, so bliebe zu ermitteln, inwieweit der räumliche (politische, wirtschaftliche, soziale, infrastrukturelle) Kontext das von den Schweizer Untersuchungen differierende Ergebnis im österreichischen Raum bedingen könnte. Die Rolle der Operationalisierung der systematisch variierten Prädiktorvariablen (insbesondere der relativen Abweichungen von Reisekosten und Reisezeit) auf die Schätzung der Routenwahlmodelle wäre als grundlegende forschungsmethodische Fragestellung durch vergleichende Untersuchungen oder Simulationen zu klären.

7 Glossar

Alternativen	Alternativen stellen die Wahlmöglichkeiten in einem Stated Preference-Experimenten dar. Sie werden durch Entscheidungsvariablen und deren Ausprägungen definiert bzw. differenziert.
Beobachtung	Keine Datenerhebungsmethode kann auf Beobachtungen verzichten. Die wissenschaftliche Beobachtung ist zielgerichtet und methodisch kontrolliert, sie verlaufen standardisiert und intersubjektiv überprüfbar.
Beta β -Parameter	β ist die das geschätzte Gewicht einer Variablen in einer Nutzenfunktion. Der Wert wird anhand von statistischen Methoden berechnet und gibt die Wirkungsrichtung und Einflussstärke der Variablen bei der modellierten Entscheidung an.
Dummy Variable	Eine Variable bezeichnet man in der statistischen Datenanalyse eine binäre Variable mit den Ausprägungen 0 (nein=Ausprägung liegt nicht vor) und 1 (ja=Ausprägung liegt vor).
Elastizität	Maßzahl, welches die Stärke der Veränderung der Auswahlwahrscheinlichkeit einer Entscheidungsalternative angibt, wenn sich Charakteristika der Alternative ändern. [König 2004]
Entscheidungsmodell, diskretes	Bildet das Entscheidungsverhalten von Individuen zwischen eindeutig voneinander differenzierten Entscheidungsalternativen ab. Dabei werden die Parameter der Entscheidungsvariablen geschätzt, die in die Nutzenfunktionen einfließenden. [König 2004]
Experimentelle Untersuchung (Experiment)	Empirische Untersuchung, bei der gezielt bestimmte Bedingungen (Stufen der unabhängigen Variablen) hergestellt und in ihren Auswirkungen auf ausgewählten abhängigen Variablen beobachtet werden. Ein Experiment ist die methodisch beste Möglichkeit, um Kausalhypothesen zu prüfen. [Bortz und Döring, 2003]
Geschichtete Stichprobe	Bei einer geschichteten Stichprobe wird die Population hinsichtlich relevanter Hintergrundvariablen in möglichst homogene Subgruppen eingeteilt (z.B. Personen derselben Alters- oder Berufsgruppe). Aus diesen Schichten werden dann jeweils Zufallsstichproben gezogen, die vom Umfang her die prozentualen Anteile der Merkmalsverteilung der Population widerspiegeln können (proportional geschichtete Stichprobe). Bei Bekanntsein der Hintergrundvariablen für die relevanten untersuchten Variablen von der Population, führt die geschichtete Stichprobe zu genaueren Parameterschätzungen als die einfache Zufallsstichprobe. [Bortz und Döring, 2003]
Grundgesamtheit	siehe Population

Item	Frage oder Aussage im Fragebogen bzw. (Wahl-)Aufgabe im Fragebogen
Itematterie	Liste von Items in einem Fragebogen, die in einem inhaltlichen/logischen Zusammenhang stehen (auch: Subskala)
Logit Modell:	Am häufigsten angewandte Form eines diskreten Entscheidungsmodells. Ergibt sich aus der Annahme, dass die Fehler der Nutzenfunktionen unabhängig von ein-ander gumbelverteilt sind. Kann mit zufallsverteilten Parametern erweitert werden (Mixed Logit Modell oder RPL). Als Schätzverfahren wird die Maximum Likelihood Schätzung eingesetzt.
Maximum Likelihood Schätzung:	Verfahren zur Ermittlung der höchsten Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses. Hier: Ermittlung der einen Ausprägung eines Parameters, die die beobachtete Entscheidung am wahrscheinlichsten macht. [König 2004]
Modalwert	Derjenige Wert, der am häufigsten vorkommt. Eine Verteilung kann mehrere Modalwerte besitzen (bimodale Verteilung).
Nutzenfunktion	Beschreibt den Nutzen einer Entscheidungsalternative und bildet damit die Grundlage der Entscheidung. Beinhaltet die gewichteten Entscheidungsvariablen (β -Parameter) sowie eventuelle Konstanten zur Kompensation fehlender Variablen. [König 2004]
Nutzenfunktion, systematische	Beschreibt den Nutzen einer Entscheidungsalternative und bildet damit die Grundlage der Entscheidung. Beinhaltet die gewichteten Entscheidungsvariablen (β -Parameter) sowie eventuelle Konstanten zur Kompensation fehlender Variablen. [König 2004]
Population	Die Menge aller Elemente, welche möglicherweise ein bestimmtes Merkmal oder eine bestimmte Merkmalskombination aufweisen. z.B. Autofahrer ab 18 Jahre
Reisezeit	Die Fahrzeit beschreibt den Zeitaufwand für eine Ortsveränderung zwischen den Start und Zielpunkt. In der Studie werden die Reisezeiten mit dem Auto der Fußweg zum PKW etc. inkludiert. Beim öffentlichen Verkehrsmittel sind die Warte- und Umsteigezeiten inkludiert.
Reliabilität	Gütekriterium eines Tests oder Fragebogens, das die Messgenauigkeit angibt, d.h. wie stark die Messwerte durch Störeinflüsse und Fehler belastet sind. Testverfahren hierfür wären Testhalbierungsmethode, Testwiederholungsmethode, Paralleltestmethode und interne Konsistenz. [Bortz und Döring, 2003]

Revealed Preference (RP-)Befragung	Revealed Preference (RP) Experimente basieren auf Befragungen oder Beobachtungen tatsächlicher Wahlentscheidungen oder zugrundeliegender Aktivitätsplanungsprozesse.
Rücklaufquote	Anteil der beantworteten Fragebögen (Netto-Stichprobe) an allen verteilten Fragebögen (Brutto-Stichprobe) bzw. Anteil der tatsächlichen Respondenten an allen kontaktierten Personen. [Bortz und Döring, 2003]
Signifikantes Ergebnis	Ein Ergebnis ist statistisch signifikant, wenn es zu einer Ergebnisklasse gehört, deren Wahrscheinlichkeit bei Gültigkeit der Nullhypothese kleiner als ein zuvor festgesetztes Signifikanzniveau. [Bortz und Döring, 2003]
Signifikanzniveau	Wird per Konvention festgelegte Höchstgrenze der α Fehler Wahrscheinlichkeit: $\alpha < 5\%$ (signifikant, „*“), $\alpha < 1\%$ (hoch signifikant, „**“).
Stated Preference (SP-)Befragung	Bei dieser Art der Untersuchung wird hypothetisches Verhalten erfragt. Dabei werden die Teilnehmer nacheinander mit mehreren Wahlsituationen konfrontiert. Die Anzahl der Wahlsituationen und Ausprägungstyp der Entscheidungsvariablen werden im Versuchsplan festgelegt. [König 2004]
Stichprobe	In der Regel zufällig ausgewählte Personengruppe.
Value of Time (VoT) Value of Travel Time (VTT) Zeitwert	Grundlegender Begriff in der Verkehrswirtschaft; Litman [2012, Victoria Transport Policy Institute] zufolge bezieht sich der Value of Travel Time auf die Kosten, die sich aus der dem Personentransport gewidmeten Zeit ergeben. Dies beinhaltet sowohl private, unbezahlte als auch berufliche, vom Arbeitgeber finanzierte Fahrten.
Value of Travel Time Saving (VTTs) Reisezeitersparnis	Die Reisezeitersparnis spiegelt Litman zufolge den Gewinn durch eine Verringerung der Reisezeitkosten wider. Damit quantifiziert wird die Zahlungsbereitschaft von Reisenden um einen Zeitgewinn zu erzielen bzw. einem Zeitverlust entgegenzuwirken quantifiziert. Durch diese Messgröße werden z.B. geplante Infrastrukturausbauten bewertet. Angegeben in €/h bzw. ct/min
Validität	Gütekriterium eines Tests oder Fragebogens. Ein Erhebungsinstrument ist valide, wenn es das misst, was es zu messen vorgibt. 3 Arten: Inhaltsvalidität, Kriteriumsvalidität und Konstruktvalidität. [Bortz und Döring, 2003]

Varianz	Ein quantitatives Maß für die Unterschiedlichkeit (Variabilität) einer Menge von Messwerten. Wenn alle Messwerte identisch sind, d.h. keine Variabilität aufweisen, nimmt die Varianz den Wert 0 an. Je größer die Differenzen zwischen den einzelnen Messwerten, umso größer wird auch die Varianz. Man bezeichnet die Varianz auch als durchschnittliches Abweichungsquadrat. . [Bortz und Döring, 2003]
Versuchsplan	Das Forschungsdesign, Untersuchungs- oder Versuchsplanung ist die Basis jeder wissenschaftlichen Untersuchung. Es beschreibt, wie die empirische Fragestellung untersucht werden soll und definiert in der Studie die Anzahl der Stated Preference Experimente und Ausprägungen der Entscheidungsvariablen der Befragung.
Zahlungsbereitschaft:	Geldbetrag, den ein Reisender für eine Veränderung der Reisezeit und deren Variabilität gerade noch zu zahlen bereit ist. [König 2004]

8 Literaturverzeichnis

- Aberle, G. (2003). *Transportwirtschaft: einzelwirtschaftliche und gesamtwirtschaftliche Grundlagen* (4. überarb. und erw. Auflage Ausg.). München: Oldenbourg Verlag.
- Ahlheim, M., & Rose, M. (1992). *Messung individueller Wohlfahrt* (2. Ausgabe Ausg.). Heidelberg: Springer Verlag.
- Axhausen, K. W. (2003). Befragungsmethoden für hypothetische Märkte. In G. Steierwald, H.-D. Kühne, & W. Vogt (Hrsg.), *Stadtverkehrsplanung*. Heidelberg: Springer.
- Axhausen, K. W. (2009). *Der GEV-Ansatz und die Logit-Modellfamilie* (Kurs Modellierung von Entscheidungen. Schätzung und Umsetzung Ausg.). Zürich: ETH Zürich.
- Axhausen, K. W., & Abay, G. (2000). *Zeitkostenansätze im Personenverkehr: Preliminary study for SVI 2000/42* (Schriftenreihe 472 Ausg.). Bern: UVEK.
- Axhausen, K. W., & Sammer, G. (2001). *Stated Responses: Überblick, Grenzen, Möglichkeiten*. Abgerufen am 22. 07 2012 von <http://e-collection.library.ethz.ch/eserv/eth:24328/eth-24328-01.pdf>
- Axhausen, K. W., & Vrtic, M. (2005). *Vier-Stufen-Modell*. Abgerufen am 26. 09 2011 von http://www.ivt.ethz.ch/education/verkehrsplanung/2011_7_vier_stufen_modell.pdf
- Axhausen, K. W., Hess, S., König, A., Abay, G., Bates, J. J., & Bierlaire, M. (2007). State of the art estimates of the Swiss value of travel time savings. In *86th Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Axhausen, K., Fröhlich, P., Vrtic, M., Weis, C., & Erath, A. (2010). *SP-Befragung 2010 zum Verkehrsverhalten im Personenverkehr*. Bern: Bundesamt für Raumentwicklung (ARE), Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation.
- Axhausen, K., Hess, S., König, A., Abay, G., Bates, J. J., & Bierlaire, M. (15 (3) 2008). Income and distance elasticities of values of travel time savings: New Swiss results. *Transport Policy*, S. 173-185.
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., & Weiber, R. (2006). *Multivariate Analysemethoden* (11. Auflage Ausg.). Berlin: Springer.
- Balmer, U., Lanz, A., & Bachmann, A. (2007). *Einführung eines Road Pricing, Bericht des Bundesrates zur möglichen Einführung von Road Pricing in der Schweiz*. Abgerufen am 11. 10 2011 von <http://www.are.admin.ch>
- Bamberg, G., Baur, F., & Krapp, M. (2008). *Statistik* (14. Auflage Ausg.). München: Oldenbourg Verlag.
- Becker, G. S. (1965). A theory of the allocation of time. *Economic Journal*, 75, 493-517.
- Beckmann, M. J., McGuire, C. B., & Winsten, C. B. (1956). *Studies in the Economics of Transportation*. New Haven: Yale University Press.
- Beevers, S. D., & Carslaw, D. C. (2005). The impact of congestion charging on vehicle emissions in London. *Atmospheric Environment*, 39, 1-5.
- Ben-Akiva, M., & Bierlaire, M. (1999). Discrete choice methods and their applications to short-term travel decisions. In R. Hall (Hrsg.), *Handbook of Transportation Science, International Series in Operations Research and Management Science, Volume 23*. Bosten: Kluwer Academic Publishers.

- Ben-Akiva, M., & Lerman, S. (1985). *Discrete choice analysis*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Bhat, C. R., & Zhao, H. (2000). *The spatial analysis of activity stop generation*. Abgerufen am 05. 11 2011 von http://www.ce.utexas.edu/prof/bhat/ABSTRACTS/Spatial_Analysis_Activity_Stop_Generation.pdf
- Bickel, P., & Friedrich, R. (1995). *Was kostet uns die Mobilität? Externe Kosten des Verkehrs*. Berlin: Springer.
- Bierlaire, M. (2003). BIOGEME: A free package for the estimation of discrete choice models. In *Proceedings of the 3rd Swiss Transportation Research Conference*. Ascona, Schweiz: Transportation Research Conference.
- Bierlaire, M. (2009). *An introduction to BIOGEME Version 1.8*. Abgerufen am 01. 01 2010 von <http://biogeme.epfl.ch>
- Bliemer, M. C., & Rose, J. M. (2009). Designing Stated Choice Experiments: The state of the art. In R. Kitamura, T. Yoshi, & T. Yamamoto (Hrsg.), *The Expanding Sphere of Travel Behaviour Research, Selected Papers from the 11th International Conference on Travel Behaviour Research* (S. 499-538). Bingley, UK: Emerald Group Publishing Limited.
- Bobek, H., & Fesl, M. (1978). *Das System der zentralen Orte Österreichs, eine empirische Untersuchung*. Wien: Schriften der Kommission für Raumforschung der Österreichischen Akademie.
- Bock, E., Hohlweg, G., & Schwarz, O. (1997). Beispiel Freiburg: Zeit- und verkehrsbelastabhängige Straßennutzungsgebühren für Ballungsräume. In *Internationales Verkehrswesen, Jahrgang 49, Nr. 11* (S. 570-574). Hamburg: DVV Media Group.
- Boltze, M., & Roth, N. (2009). Einsatz von Instrumenten des Mobility Pricing zur Optimierung von Verkehr und Transport. In *Straßenverkehrstechnik 53* (S. 125-132). Bonn: Kirschbaum Verlag GmbH.
- Boltze, M., Laube, R., & Wolfermann, A. (2006). Verkehrstechnische Aspekte des Mobility Pricing. In *Straße und Verkehr, Jahrgang 92, Nr.12* (S. 16-17). Schweiz: Schriftenreihe der Schweizerischen Eidgenossenschaft, Bundesamt für Straßen 1189.
- Bortz, J., & Döring, N. (2003). *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler; 3. Auflage*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Brocke, M. (2006). *Präferenzmessung durch die Discrete Choice-Analyse: Effekte der Aufgabenkomplexität*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag.
- Bühler, G. (2006). Verkehrsmittelwahl im Güterverkehr - Eine Analyse ordnungs- und preispolitischer Maßnahmen. In *Umwelt und Ressourcenökonomie, Schriftenreihe des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung*. Heidelberg: Physica Verlag.
- Bundesamt für Raumentwicklung (ARE). (2008). *Einfluss von Road Pricing auf die Raumentwicklung*. Schweiz: Bundesamt für Raumentwicklung (ARE).
- Bundesamt für Raumentwicklung (ARE); Bundesamt für Straßen (ASTRA). (2011). *Road Pricing und Mobility Pricing in der Schweiz*. Abgerufen am 23. 08 2011 von <http://www.news.admin.ch/NSBSubscriber/message/attachments/4883.pdf>
- Cantner, J. (1997). *Die Kostenrechnung als Instrument der staatlichen Preisregulierung in der Abfallwirtschaft*. Heidelberg: Physica Verlag.

- Cascetta, E. (2001a). *Transportation Systems Engineering: Theory and Methods*. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Cascetta, E., & Papola, A. (1998). Implicit Availability/Perception Logit Models for Route Choice in Transportation Networks. 8th World Conference on Transport Research: Antwerp.
- Cascetta, E., & Papola, A. (2001b). A joint mode-run choice model to simulate the influence of the timetable for regional transport services. In *80th Annual Meeting of the Transportation Research Board*. Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Czado, C., & Schmidt, T. (2011). Statistik und ihre Anwendungen. In *Optimale Tests und Konfidenzintervalle, Likelihood-Quotienten-Tests und verwandte Methoden* (S. 163-190). Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- DeSerpa, A. J. (1971). A theory of the economics of time. *Economic Journal*, 81, 828-845.
- Domencich, T. A., & McFadden, D. (1975). *Urban Travel Demand, A Behavioral Analysis*. Amsterdam: North Holland Publishing Company.
- Eckey, H.-F., & Stock, W. (2000). *Eine empirisch orientierte Einführung in die Verkehrswirtschaften*. Wiesbaden: Gabler.
- Eichinger, A., & Knorr, A. (2004). Congestion Charging - das Beispiel Londons'. In *Internationales Verkehrswesen, Jahrgang 56, Nr. 9* (Bd. 56, S. 366-371). Hamburg: DVV Media Group GmbH.
- Eisenkopf, A. (2002). *Effiziente Straßenbenutzungsabgaben, Theoretische Grundlagen und konzeptionelle Vorschläge für ein Infrastrukturabgabensystem (Giessener Studien zur Transportwirtschaft und Kommunikation)* (Band 17 Ausg.). Hamburg: DVV Media Group.
- Engle, R. F. (1984). Wald, Likelihood Ratio and Lagrange Multiplier Tests in Econometrics. In Z. Griliches, & M. D. Intriligator (Hrsg.), *Handbook of Economics, Band 2* (S. 755-826). New York: North-Holland.
- Europäisches Parlament. (1999). *Richtlinie 1999/62/EG des Europäischen Parlaments und des Rates, Über die Erhebung von Gebühren für die Benutzung bestimmter Verkehrswege durch schwere Nutzfahrzeuge*. Abgerufen am 30. 10 2011 von <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1999L0062:20070101:DE:PDF>
- Evans, J. E., Bhatt, K. U., & Turnball, K. F. (2003). Road Value Pricing: Traveler Response to Transportation System Changes. In *Transportation Cooperative Research Report 95* (S. 14-67). Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Farmer, K. (2005). *Beiträge zur wirtschaftstheoretischen Fundierung ökologischer und sozialer Ordnungspolitik*. Wien: LIT-Verlag.
- Franklin, J. P. (2006). *The Distributional Effects of Transportation Policies: The Case of a Bridge Toll for Seattle*. Seattle: University of Washington.
- Friedrich, M. (2011). *Verkehrslage, Verkehrsbeeinflussung und Routenwahl* (Themenheft Stuttgart Ausg.). Stuttgart: Universität Stuttgart.
- Gautschi, T. (2010). Maximum-Likelihood Schätztheorie. In H. Best, & W. C. (Hrsg.), *Handbuch der sozialwissenschaftlichen Datenanalyse* (S. 205-235). Wiesbaden: VS Verlag.
- Gehlert, T. (2009). *Straßenbenutzungsgebühren in Städten, Akzeptanz und Mobilitätsverhalten*. Wiesbaden: VS Verlag.
- Gillhofer, M. (2010). *Teilnehmer-Rekrutierung in der Online-Sozialforschung*. Köln: Josef Eul Verlag.

- Gomez-Ibanez, J. A., & Small, K. A. (1994). *Road Pricing for Congestion Management: A Survey of International Practice* (NCHRP Synthesis of Highway Practice 210 Ausg.). Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Government of the Netherlands. (2009). *Kilometre charge for road users*. Abgerufen am 29. 10 2011 von http://www.government.nl/News/Press_releases_and_news_items/2009/November/Kilometre_charge_for_road_users
- Government of the Netherlands, . (2012). *Stability Programme of the Netherlands*. Abgerufen am 2012. 06 15 von <http://www.government.nl/documents-and-publications/reports/2012/04/30/stability-program2012.html>
- Greene, W. H. (2008). *Econometric Analysis* (6. Auflage Ausg.). Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Güller, P. (2002). Road Pricing im internationalen Vergleich - Konzepte und Akzeptanz. (S. f. (SECO), & E. V. (EVD), Hrsg.) *Die Volkswirtschaft*, 75(Heft 5), 8-13.
- Halbritter, G., Fleischer, T., & Kupsch, C. (2008). *Strategien für Verkehrsinnovationen, Umsetzungsbedingungen - Verkehrstelematik - internationale Erfahrungen*. Berlin: edition sigma.
- Hanusch, H. (1994). *Nutzen-Kosten-Analyse* (2. Auflage Ausg.). München: Vahlen.
- Herold. (2012). *Herold Marketing CD Privat*. Abgerufen am 12. 3 2012 von <http://daten.herold.at/marketingCD/page.asp?id=88>
- Herry, M., Sedlacek, N., & Steinacher, I. (2007). *Verkehr in Zahlen, Österreich*. Abgerufen am 20. 09 2011 von http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz07_kap11.pdf
- Hess, S., Erath, A., & Axhausen, K. W. (2008). Estimated value of savings in travel time in Switzerland; Analysis of pooled data. In *Transportation Research Record 2082* (S. 43-55). Washington D.C.: Transportation Research Board.
- Hopf, R., Rieke, H., & Voigt, U. (1982). *Analyse und Projektion der Personenverkehrsnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000* (Beiträge zur Strukturforschung des DIW, Heft 70 Ausg.). Berlin: Duncker & Humblot.
- Huber, J., & Zwerina, K. (1996). The Importance of Utility Balance in Efficient Choice Designs. In *Journal of Marketing Research* (S. 307-317). Chicago: American Marketing Association.
- Huelsenbeck, J. P., & Crandall, K. A. (1997). Phylogeny estimation and hypothesis testing using maximum likelihood. In *Annual Review of Ecology and Systematics Vol.28* (S. 437-466). Palo Alto: Annual Reviews.
- Infras. (2004). *Externe Kosten des Verkehrs, Aktualisierungsstudie*. Abgerufen am 30. 10 2011 von http://www.uic.org/cdrom/2005/external_costs_env/docs/ext-cost-summary_de.pdf
- Ison, S. (2004). *Road user charging, Issues and policies*. Burlington: Ashgate Publishing.
- IWW/ Infras. (1995). Externe Effekte des Verkehrs. In *Studie im Auftrag des Internationalen Eisenbahnverbandes (UIC)* (S. 235-240). Paris: Internationaler Eisenbahnverband.
- Johnson, B. (1964). On the Economics of Road Congestion. (E. Society, Hrsg.) *Econometrica*, 32(1-2), 135-145.
- Kickhöfer, B. (2009). *Die Methodik der ökonomischen Bewertung von Verkehrsmaßnahmen in Multiagentensimulation* (Diplomarbeit Ausg.). Berlin: TU Berlin.

- Kinnock, N. (1995). *Faire und effiziente Preise im Verkehr, Politische Konzepte zur Internalisierung der externen Kosten des Verkehrs in der Europäischen Union*. Abgerufen am 31. 10 2011 von http://europa.eu/documents/comm/green_papers/pdf/com95_691_de.pdf
- Knapp, F. (1998). *Determinanten der Verkehrsmittelwahl*. Berlin: Duncker & Humblot.
- Knight, F. (1924). Some Fallacies in the Interpretation of Social Cost. In *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 38, No. 4 (S. 584-606). Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Kommission der europäischen Gemeinschaften. (2008). *Strategie zur Internationalisierung externer Kosten*. Abgerufen am 30. 10 2011 von <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0435:FIN:DE:PDF>
- König, A. (2004). *Messung und Modellierung der Verlässlichkeit des Verkehrsangebots - Experimente mit Schweizer Befragten* (Dissertation Ausg.). Zürich: ETH Zürich.
- König, A., & Axhausen, K. W. (2002). *Verlässlichkeit als Entscheidungsvariable, Endbericht für SVI 44/00 A*. Zürich: ETH Zürich.
- Krapf, H. (2001). *Verkehrslenkung durch Abgaben*. Münster: LIT-Verlag.
- Krause, T. (2003). *Dynamische Straßenbenutzungsgebühren zur Reduzierung von Staus*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Kribernegg, G. (2005). *Inkrementelle Verkehrsnachfragemodellierung mit Verhaltensparametern der Verkehrsmittelwahl im Personenverkehr - gezeigt am Modellbeispiel Oberösterreich für den Einsatz eines großflächigen Road-Pricing-Systems* (Dissertation Ausg.). Graz: Verlag der TU Graz.
- Lay, M. G. (1994). *Die Geschichte der Straße - Vom Trampelpfad zur Autobahn*. Frankfurt: Campus Verlag.
- Lichtenberger, E. (2002). *Wiss. Länderkunde Österreich* (2 Ausg.). Wien.
- Link, H. (2011). Verkehr und Wirtschaft - Die volkswirtschaftliche Bedeutung des Verkehrs. In O. Schwedes (Hrsg.), *Verkehrspolitik* (S. 91-114). Wiesbaden: Springer Verlag.
- Litman, T. A. (2011). *Transportation Cost and Benefit Analysis, Techniques, Estimates and Implications*. Victoria, Canada: Victoria Transport Policy Institute.
- Louviere, J. J., Hensher, D. A., & Swait, J. D. (2000). *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*. Cambridge: University Press.
- Lueg, B. (2009). *Ökonomik des Handels mit Umweltrechten, Umweltökonomische Grundlagen, Instrumente und Wirkungen - insbesondere in der EU*. Frankfurt: Peter Lang Verlag.
- Mackie, P., Wardman, M., Fowkes, A., Whelan, G., Nellthorp, J., & Bates, J. (2003). *Values of travel time savings in the UK*. Leeds: University of Leeds und John Bates Services.
- Maier, G., & Weiss, P. (1990). *Modelle diskreter Entscheidungen: Theorie und Anwendungen in den Sozial- und Wirtschaftswissenschaften*. Wien: Springer Verlag.
- Marnar, T. (2007). City-Maut in Stockholm - eine politökonomische Analyse. In *Internationales Verkehrswesen*, Nr. 11/2007 (S. 505-511). Hamburg: DVV Media Group GmbH.
- McFadden, D. (1974). Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior. In P. Zarembka (Hrsg.), *Frontiers in Econometrics* (S. 105-142). New York: Academic Press.
- McNally, M. G. (2000). The Activity-based Approach. In D. A. Hensher, & K. J. Button (Hrsg.), *Handbook of Transport Modelling* (S. 53-69). Amsterdam: Elsevier Science.

- Mietsch, F. (2007). *City-Maut: Internationale Erfahrungen, Perspektiven für Deutschland*. Abgerufen am 18. 09 2011 von <http://library.fes.de/pdf-files/stabsabteilung/05057.pdf>
- Ministry of Transport. (1964). *Road Pricing: The Economic and Technical Possibilities*. London: H.M. Stationary Off.
- Neuhofer, H. (1998). *Gemeinderecht: Organisation und Aufgaben der Gemeinden in Österreich* (2. völlig Neubearb. Auflage Ausg.). Wien: Springer Verlag.
- Ngene. (2010). *Ngene 1.0.2, The cutting edge in experimental design*. Abgerufen am 20. 09 2011 von <http://www.choice-metrics.com/>
- ÖBN. (2011). *Motorbezogene Versicherungssteuer*. Abgerufen am 10. 10 2011 von http://www.oenb.at/dictionary/termini.jsp?EINTRAG_ID=8216&search_string=Kraftfahrzeugsteuer
- Olaru, D., Smith, B., & Wang, J. (2011). Optimal discrete choice experimental designs using genetic algorithms. In *International Choice Modelling Conference 2011*. Leeds: International Choice Modelling Conference.
- ÖROK. (2007). *Erreichbarkeitsverhältnisse in Österreich 2005. Modellrechnungen für den ÖPNRV und den MIV, Wien 2007* (174 Ausg.). Wien: Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK).
- Pigou, A. C. (1929). *The Economics of Welfare*. London: Macmillan and Co.
- Platzer, M. (2009). *Verkehrsmittelwahlmodelle - Eine Untersuchung des Verkehrsmittelwahlverhaltens im Fernverkehr mittels Logit- und CHAID-Analyse*. Diplomarbeit - TU Graz.
- Prashker, J. N. (1979). Mode choice models with perceived reliability measures. In *Transportation Engineering Journal, Vol. 105, No. 3* (S. 251-262). Reston: American Society of Civil Engineers.
- Purtschert, L. (2008). *Swiss Issues Wirtschaftspolitik: Brennpunkt Road Pricing - eine Option für die Schweiz?* Zürich: Credit Suisse.
- Ramjerdi, F. (1995). *Road Pricing and Toll Financing with Examples from Oslo and Stockholm* (PhD Thesis Ausg.). Stockholm: Royale Institute of Stockholm.
- Rapp, M. (2004). Technik des Road Pricing. In SIA (Hrsg.), *tec21 49-50/2004* (S. 7-11). Zürich: espazium.
- Rapp, M. (2008). *Mobility Pricing - Anders Bezahlen für Mobilität*. Abgerufen am 18. 09 2011 von http://www.rapp-trans.ch/wAssets-de/docs/trans/fachartikel-referate/2008/dokumente/080107_rapp_mobility_pricing.pdf
- Rapp, M., Oehry, B., & Egeler, C. (2005). *Mobility Pricing Synthesebericht, Forschungsauftrag VSS 2005/910* (Schriftenreihe 1220 Ausg.). Bern: UVEK.
- Reiter, T., & Fellendorf, M. (2012b). Interactive stated choice survey with tablets: A Survey of route choice behavior. In *International Scientific Conference on Mobility and Transport*. München: TU München.
- Reiter, T., Fellendorf, M., & Ummenhofer, P. (2009). Dynamic tolling - a modelling approach. In *16th ITS World Congress*. Stockholm: ITS World Congress.
- Reiter, T., Kramer, A., Stadler, E., Geyer, C., & Fellendorf, M. (2012a). Usability of Tablet Computers in Travel Surveys. In *91th TRB Annual Meeting*. Washington D.C.: TRB.

- RIS. (2011). *Gesamte Rechtsvorschrift für Mineralölsteuergesetz 1995*. Abgerufen am 10. 10 2011 von <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10004908>
- Rose, J. M., & Bliemer, M. C. (2006a). Designing Efficient Data for Stated Choice Experiments. In *11th International Conference on Travel Behaviour Research*. Kyoto: International Conference on Travel Behaviour Research.
- Rose, J. M., C., B. M., Hensher, D. A., & Collins, A. T. (2008). Designing efficient stated choice experiments in the presence of reference alternatives. In T. R. Board (Hrsg.), *Transportation Research Part B: Methodological, Volume 42, Issue 4* (S. 395-406). Amsterdam: Elsevier.
- Rose, J., & Hensher, D. A. (2006b). Handling individual specific availability of alternatives in stated choice experiments. In P. Stopher, & C. Stecher (Hrsg.), *Travel Survey Methods: Quality and Future Directions* (S. 347-371). Amsterdam: Elsevier Science.
- Roth, N. (2009). *Wirkungen des Mobility Pricing* (Schriftenreihe des Instituts für Verkehr, Dissertation Ausg.). Darmstadt: TU Darmstadt.
- Sammer, G. (1982). *Untersuchung zur Verkehrsmittelwahl im Personennahverkehr*. Wien: Republik Österreich, Bundesministerium für Bauten und Technik, Bundesstraßenverwaltung.
- Sammer, K. (2008). *Der Einfluss von Ökolabeling auf die Kaufentscheidung - Evaluation der Schweizer Energieetikette mittels Discrete-Choice-Experimenten* (Dissertation Ausg.). St. Gallen: Universität St. Gallen.
- Sándor, Z., & Wedel, M. (2002). Profile Construction in Experimental Choice Designs. *Marketing Science*, 21(4), 455-475.
- Schibli, R. (2005). *Anwendung Road Pricing*. Abgerufen am 30. 10 2011 von www.iew.uzh.ch/study/courses/downloads/Road_Pricing.pdf
- Seebauer, S. (2001). *Psychologische Einflussfaktoren bei der Wahl öffentlicher Verkehrsmittel*. Graz: Dissertation.
- Small, K. A. (1983). The incidence of congestion tolls on urban highways. In *Journal of Urban Economics Volume 13 Issue 1* (S. 90-111). Amsterdam: Elsevier Science.
- Statistik Austria. (2012). *"Bevölkerung nach der höchsten abgeschlossenen Ausbildung"*. Abgerufen am 01. 05 2012 von www.statistik.at
- Statistik Austria. (2012). *"Familien 1985-2011 " - Ohne bzw. mit Kind(er) im Haushalt / Haushalte in Österreich*. Abgerufen am 01. 05 2012 von www.statistik.at
- Statistik Austria. (2012). *"Privathaushalte 1985-2011": Haushaltsgröße*. Abgerufen am 01. 05 2012 von www.statistik.at
- Statistik Austria. (2012). *Statistik Austria: Bevölkerung 2011 nach "Gemeindegrößenklassen und Bundesländern" - Steiermark, Niederösterreich und Wien*. Abgerufen am 01. 05 2012 von www.statistik.at/
- Steierwald, G., Künne, H. D., & Vogt, W. (2005). *Stadtverkehrsplanung. Grundlagen, Methoden, Ziele*. Berlin: Springer Verlag.
- Steininger, K., Gobiet, W., Binder, C., Friedl, B., Gebetsroither, B., Kribernegg, G., et al. (2005). *Technologien und Wirkungen von PKW-Road Pricing im Vergleich* (Wissenschaftlicher Bericht Nr.1/2005 Ausg.). Graz: Wegener Zentrum für Klima und Globalen Wandel Karl Franzens Universität Graz.

- Stockholm Stadt. (2006). *Facts and Results from the Stockholm Trial*. Abgerufen am 17. 09 2011 von http://www.stockholmsforsoket.se/upload/Hushall_eng.pdf
- Temme, J. (2007). Discrete Choice Modelle. In S. Albers, D. Klapper, U. Konradt, A. Walter, & J. Wolf (Hrsg.), *Methodik der empirischen Forschung*. Wiesbaden: DUV.
- Teubel, U. (1997). *Wirkung von Straßenbenutzungsabgaben auf die Wohlfahrt von Berufspendlern - eine empirische Analyse* (Diskussionsbeiträge Ausg.). Dresden: Institut für Wirtschaft und Verkehr, TU Dresden.
- Teubel, U. (2001). *Road Pricing - effizient, aber unsozial? - Eine theoretische und empirische Analyse der Verteilungswirkung von Straßenbenutzungsabgaben in Städten*. Frankfurt: Peter Lang Verlag.
- Train, K. E. (2003). *Discrete Choice Methods with Simulation*. New York: Cambridge University Press.
- Transport for London. (2008a). *Commissioner's Report*. Abgerufen am 29. 10 2011 von <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/corporate/4-commissioners-report-december-2008.pdf>
- Transport for London. (2008b). *Central London. Congestion Charging. Impacts monitoring. Sixth Annual Report*. Abgerufen am 29. 10 2011 von <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/sixth-annual-impacts-monitoring-report-2008-07.pdf>
- Transport for London. (2010). *Commissioner's Report*. Abgerufen am 29. 10 2011 von <http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/corporate/Item04-Board-8-December-2010-Commissioner-Report.pdf>
- Truong, T. K., & Hensher, D. A. (1985). Measurement of travel time values and opportunity cost from a discrete-choice model. *Economic Journal*, 95, 438-351.
- Tschopp, M., Beige, S., & Axhausen, K. W. (2011). *Verkehrssystem, Touristenverhalten und Raumstruktur in alpinen Landschaften* (Nationales Forschungsprogramm "Landschaften und Lebensräume der Alpen" (NFP 48) Ausg.). Zürich: vdf Hochschulverlag AG.
- Urban, D. (1993). *Logit-Analyse: Statistische Verfahren zur Analyse von Modellen mit qualitativen Response-Variablen*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- Van Amelsfort, D. H. (2009). *Behavioural Responses and Network Effects of Time-varying Road Pricing* (Dissertation Ausg.). Delft: TU Delft.
- Varian, H. R. (1994). *Mikroökonomik* (3. Auflage Ausg.). München: Oldenbourg Verlag.
- Vickrey, W. S. (1969). Congestion theory and transportation investment. *American Economic Review*, 59, 251-261.
- Victoria Transport Policy Institute. (2011). *Transportation Cost and Benefit Analysis II*. Abgerufen am 22. 08 2011 von www.vtpi.org
- visitOSLO. (2011). *Straßenmaut*. Abgerufen am 29. 10 2011 von <http://www.visitoslo.com/de/transport/auto-nach-oslo/Strassenmaut>
- VISUM. (2011). *Grundlagen Version 12.0*. Karlsruhe: PTV Planung Transport Verkehr AG.
- Vrtic, M. (2004). *Ein simultanes Routen- und Verkehrsmittelwahlmodell* (Dissertation Ausg.). Dresden: TU Dresden.
- Vrtic, M. (2005). Simultanes Routen- und Verkehrsmittelwahlmodell. In *Heureka 2005* (S. 423-443). Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).

- Vrtic, M., & Fröhlich, P. (2006a). Was beeinflusst die Wahl der Verkehrsmittel? *Der Nahverkehr*, 24(4), 52-57.
- Vrtic, M., Axhausen, K. W., Schüssler, N., Erath, A., Maggi, R., & Bierlaire, M. (2006b). *Einbezug von Reisekosten bei der Modellierung des Mobilitätsverhalten* (Forschungspaket Mobility Pricing, Bundesamt für Strassen Ausg.). Bern: UVEK.
- Vrtic, M., Fröhlich, P., Axhausen, K. W., Schulze, C., & Kern, P. (2005). *Verkehrsmodell für den öffentlichen Verkehr des Kantons Zürich* (Im Auftrag des Amtes für Verkehr, Kanton Zürich Ausg.). Zürich: Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich.
- Vrtic, M., Schüssler, N., Erath, A., & Axhausen, K. W. (2011). Mobility Pricing: Zahlungsbereitschaft und Verhaltensreaktionen. In *Heureka 2011*. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV).
- Vrtic, M., Schüssler, N., Erath, A., Bürgle, M., & Axhausen, K. W. (2007). *Including travelling costs in the modelling of mobility behaviour*. Zürich: Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT), ETH Zürich.
- Walters, A. (1961). The theory and measurement of private and social cost of highway congestion. *Econometrica*, 29(4), 676-699.
- Wardrop, J. G. (1952). Some theoretical aspects of road traffic research. In *Proceedings of the Institute of Civil Engineering* (S. 325-378). London: Institution of Civil Engineers.
- Weinreich, S. (2004). *Nachhaltige Entwicklung im Personenverkehr. Eine quantitative Analyse unter Einbeziehung externer Kosten*. Heidelberg: Physica Verlag.
- Wermuth, M. (1994). Modellvorstellungen zur Prognose. In G. Steierwald, & H. D. Künne (Hrsg.), *Stadtverkehrsplanung* (S. 221-273). Heidelberg: Springer Verlag.
- Wermuth, M., Sommer, C., & Kreitz, M. (2003). Impact of new technologies in travel surveys. In P. Stopher, & P. Jones (Hrsg.), *Transport Survey Quality and Innovation* (S. 455-482). Oxford: Elsevier Science.
- Wermuth, M., Sommer, C., & Wulff, S. (2006). *Heft V136: Erhebung der individuellen Routenwahl zur Weiterentwicklung von Umlegungsmodellen*. Bundesanstalt für Straßenwesen Gladbach: bast.
- Wittowsky, D. (2008). *Dynamische Informationsdienste im ÖPNV - Nutzerakzeptanz und Modellierung* (Schriftenreihe Heft 68/09 Ausg.). Karlsruhe: Institut für Verkehrswesen, Universität Karlsruhe.

Anhang A: Ergänzungen zu Tabelle 1

Anmerkungen zur Tabelle 2 „Bepreisungsschemen internationaler Road Pricing Maßnahmen“:

Objektgebühr (Facility Pricing)	Anmerkung
Bay-Bridge, San Francisco , USA	<p>ÖV Förderung: The Rail Extension Reserves, bus rapid transit (BRT)</p> <p>Änderung der Wahl des Verkehrsmittels: Es wird vermehrt auf Bus umgestiegen</p> <p>Tarif: variabel (Tageszeit und Wochentagsabhängig)</p> <p>Ermäßigung Vanpools: gratis für Vanpools</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit FasTrak OBU nur für carpools</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: low-emission vehicle mit FasTrak OBU</p>
Bosporus-Brücken (Boğazici und Fatih Sultan Mehmet), Türkei	<p>Tarif: statisch (Maut nur in Richtung Asien zu bezahlen, nur mit KSG- Karte möglich)</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: 20% mit OGS, KGS</p>
Brücken u.Tunnel, New York, USA (3 Betreiber)	<p>ÖV Förderung: auf http://www.nyc.gov/html/dot/html/about/about.shtml nachzulesen</p>
York City Department of Transportation ((NYC)DOT)	<p>Abnahme Stauung: auf http://www.nyc.gov/html/dot/html/about/about.shtml nachzulesen</p> <p>Umwelt: auf http://www.nyc.gov/html/dot/html/about/about.shtml nachzulesen</p>
Metropolitan Transportation Authority (MTA)	<p>Einnahmen aus der Maut: wird auch für Betrieb verwendet</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: E-ZPass</p> <p>Tarif: statisch bei Barzahlung - variabel bei e- Zahlung</p> <p>Einnahmen aus der Maut: wird auch für Betrieb verwendet</p>
Port Authority of New York and New Jersey (PANYNJ)	<p>Ermäßigung Vanpools: für carpools</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: E-ZPass</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: low-emission vehicle mit E-Zpass</p>
Brücken und Tunnel, New Jersey, USA Richtung NY von PANYNJ betrieben	<p>Einnahmen aus der Maut: wird auch für Betrieb verwendet</p> <p>Ermäßigung Vanpools: für carpools</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: E-ZPass</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: low-emission vehicle mit E-Zpass</p>
Delaware River Joint Toll Bridge Commission Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey	<p>Tarif: variabel (Off-peak discount for commercial vehicles (trucks and buses) with E-Zpass)</p> <p>Ermäßigung Vielfahrer: für Pendler mit E-Zpass</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: Senior Discount Programm mit E-Zpass</p>
Brücken, Florida, USA	<p>Ermäßigung Vielfahrer: nur mit SunPass</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit SunPass</p>
Herrentunnel, Lübeck, Deutschland	<p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit Quick BOX oder Trave-Pass</p>

	Anmerkung
Objektgebühr (Facility Pricing) (Fortsetzung)	
	<p>Finanzierung Straßenbau, Instandhaltung, Refinanzierung: Refinanzierung bis 2003 - ab 2004 Verwendung für local transport, traffic control</p> <p>Verkehrslenkung: Laut einer Studie aus dem Jahr 2001 würde der Verkehr ansteigen, wenn die Maut abgeschafft werden würde.</p> <p>Tarif: statisch von 06:00 bis 22:00 zu zahlen</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: für "Dart Tag" Kunden Verkehr Richtung Süden überquert vierspurige Brücke - Verkehr Richtung Norden durch zwei Tunnel mit zwei Fahrstreifen</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit "BroBizz" oder "EasyGO"</p> <p>Ermäßigung Vielfahrer: für Pendler mit E-Zpass (Kombi-Tickets für Öresundbrücke und Storebaeltbrücke erhältlich; Ebenfalls kann ein "ÖresundVertrag" für Vielfahrer für nur eine oder beide Brücken abgeschlossen werden. Ab der 3. Fahrt wird der Preis ermäßigt. Anbieter der Kombi - Tickets: http://www.oeresundbruecke.de/</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit "BroBizz"</p> <p>Ermäßigung Vielfahrer: für Pendler mit E-Zpass (Kombi-Tickets für Öresundbrücke und Storebaeltbrücke erhältlich; Ebenfalls kann ein "ÖresundVertrag" für Vielfahrer für nur eine oder beide Brücken abgeschlossen werden. Ab der 3. Fahrt wird der Preis ermäßigt. Anbieter der Kombi - Tickets: http://www.oeresundbruecke.de/</p>
Dartford River Crossing, Großbritannien	
Öresundbrücke, Dänemark/Schweden	
Storebaeltbrücke, Dänemark	
Stadttunnel „Prado-Carénage“, Marseille, Frankreich	<p>Tarif: statisch und variabel bei "Tunnel Pass/+pro"</p> <p>Ermäßigung Vielfahrer: mit "Tunnel Pass pro"</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit "Tunnel Pass/+pro"</p>
Mont Blanc Tunnel, Frankreich/Italien	<p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: LKW Emissionsklassen</p>
Tunnel Učka, Kroatien	<p>Ermäßigung bei E-Zahlung: ETC / SMS - Online Abo</p>
Warnowtunnel, Rostock, Deutschland	<p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit "RFID-Folie" oder "OSCARD" oder "TAG" (seit 10.2010 nicht mehr erhältlich - bestehende TAG können weiter verwendet werden)</p> <p>Verkehrslenkung: Zweck der M6 Toll Road: Birmingham zu entlasten</p>
M6 Motorway Toll Road, Großbritannien	<p>Abnahme Stauung, Verkehr: auf der M6</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit " M6 toll Tag"</p> <p>ÖV-Förderung: Es wurden eigene "express lanes" für Busse und Taxis eingerichtet.</p>
Stadtautobahn Citylink, Melbourne, Australien	<p>Tarif: statisch (mit Tagespässe) und variabel (mit einem Konto bei der Betreibergesellschaft) - Zeit der Bemannung: 06:00-20:00 (Tagtarif) und 20:00-06:00 (Nachtтарif); Trip cap: The maximum toll for a single uninterrupted trip.</p>
Zeitabhängige Vignettensysteme	
Eurovignette (LKW), BeNeLux	<p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: LKW Emissionsklassen</p>
Vignette, Tschechien	<p>Finanzierung Straßenbau, Instandhaltung, Refinanzierung: Die Einnahmen gehen an einen Staatsfond, mit dem Infrastrukturprojekte finanziert werden.</p>

Anmerkung	
Distanz- oder Streckenabhängig Maut	
Autobahnenmaut "péage", Frankreich	Ermäßigung bei E-Zahlung: mit "liber - t Fréquence" Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: LKW Emissionsklassen
LKW Maut "go-maut", Österreich	Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: LKW Emissionsklassen
LKW Maut "premid", Tschechien	Finanzierung Straßenbau, Instandhaltung, Refinanzierung: Die Einnahmen gehen an einen Staatsfond, mit dem Infrastrukturprojekte finanziert werden. Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: LKW/BUS Emissionsklassen
LKW Maut, Slowenien	Ermäßigung bei E-Zahlung: bei Pre-payment mit "DARS card", "DARS card Transporter" oder "ABC tag" Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: LKW Emissionsklassen (nur mit "DARS card", "DARS card Transporter" oder "ABC tag")
Autobahnmaut "turnpike", Florida, USA	Ermäßigung bei E-Zahlung: bei Pre-payment mit "SunPass"
Kordon-System (Cordon Pricing)	
City Toll Ring, Oslo /Bærum , Norwegen	ÖV- Förderung: 20% der Einnahmen aus Maut geht an ÖV Tarif: statisch - nur eingehender Verkehr wird bemaundet Ermäßigung Vielfahrer: "AutoPass" Vertrag bei Fjellinjen (Betreiber von Toll Ring)- nach 60 Durchfahrten im Monat sind weitere Durchfahrten gratis Ermäßigung bei E-Zahlung: mit "AutoPass" oder "EasyGo" Änderung Routenwahl: teilweise nutzt MV "Essingeleden bypass", um congestion tax zu vermeiden Änderung der Wahl des Verkehrsmittels: vor allem Weg zur Arbeit und Schule mit ÖV
Trängselskatt, Stockholm, Schweden	Tarif: variabel (Mo-Fr zwischen 06:30-18:29 - Mauthöhe variiert je nach Tageszeit); ausländische Fahrzeuge werden nicht bemaundet. Ermäßigung Vielfahrer: Es ist ein Maximalbetrag von 60 Kronen pro Tag festgelegt Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: für "greencars" bis voraussichtlich August 2012
Trängselskatt, Göteborg, Schweden (ab Jän. 2013)	Tarif: variabel (Mo-Fr zwischen 06:00-18:29 - Mauthöhe variiert je nach Tageszeit); ausländische Fahrzeuge werden nicht bemaundet. Ermäßigung Vielfahrer: "Multi-Pass-Regel" ist vorgesehen: Wenn innerhalb von einer Stunde mehrere Kontrollpunkte überfahren werden, wird aber nur eine Gebühr (die Teuerste) berechnet. Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: wurde noch nicht beschlossen
Bompenger, Trondheim, Norwegen (bis Dez. 2005)	Finanzierung Straßenbau, Instandhaltung, Refinanzierung: Die Bemaundetung lief bis Dezember 2005, Ende weil Infrastrukturprojekte fertig finanziert wurden
Electronic Road Pricing (ERP), Singapur	Einnahmen aus der Maut: wird auch für Betrieb verwendet

	Anmerkung
Kordon-System (Cordon Pricing)	
Miljøpakken, Trondheim, Norwegen (März 2010 bis 2025)	<p>Miljøpakken: Umweltpaket für Trondheim mit einer Vielzahl von Maßnahmen. Bemaatung ist nur ein Teil des Paketes.</p> <p>Tarif: variabel (Mo-Fr zwischen 07:00-09:00 und 15:00-17:00 wird doppelter Preis eingehoben)</p> <p>Ermäßigung Vielfahrer: "månedstak" Regelung: Mit einem "AutoPass" Vertrag mit Betreiber- nach 90 Durchfahrten im Monat sind weitere Durchfahrten gratis</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit "AutoPass" oder "EasyGo"</p>
Bomring, Bergen , Norwegen	<p>ÖV- Förderung: durch neue Gesetzgebung ist es möglich Projekte wie "light rail" zu fördern</p> <p>Tarif: statisch - (Betrieb von 06:00 bis 22:00)</p> <p>Ermäßigung Vielfahrer: "månedstak" Regelung: Mit einem "AutoPass" Vertrag mit bomringenbergen- nach 50 Durchfahrten im Monat sind weitere Durchfahrten gratis</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit "AutoPass" oder "EasyGo"</p>
Area Licensing	
Area Licensing Scheme (ALS), Singapur (von 1975 bis 1998)	<p>ÖV- Förderung: Der ÖV war ausgenommen von der Zahlung</p> <p>Ermäßigung Vielfahrer: Es konnten Zulassungen für ganzen Monat erworben werden</p>
Durham City Road User Charge, Durham, Großbritannien	<p>Tarif: statisch - Betrieb: £2.00 Mo-Sa von 10:00 bis 16:00</p>
Congestion Charging Scheme, London, Großbritannien	<p>Änderung der Wahl des Verkehrsmittels: 6% mehr Passagiere im Bus</p> <p>Tarif: statisch - Betrieb: Mo-Fr von 07:00 bis 18:00</p> <p>Ermäßigung Vielfahrer: 1x Zahlung für gesamten Tag</p> <p>Ermäßigung Fahrgemeinschaften, Vanpools: PKW mit 9+ Sitzplätze mit Registration fahren kostenlos</p> <p>Ermäßigung bei E-Zahlung: mit "cc auto pay" - 9 £ für einen Tag statt 10 £</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: "green vehicles" und Electric and plug-in hybrid vehicles</p>
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Rom , Italien	<p>Tarif: statisch - Kosten für Reisebus: abhängig von Buslänge und Halteort, PKW: Einfahrt nicht erlaubt-Bewilligung nur für Einheimische, Kosten: variieren</p> <p>Ermäßigung Vielfahrer: Reisebus Abo</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: PKW und LKW Emissionsklassen</p>
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Bologna, Italien	<p>Tarif: statisch - Kosten für PKW: Tagesticket: 5 €</p>
City-Maut, Seattle, USA (in Planung)	<p>Umwelt: Reduktion von Treibhausgas</p>
Innenstadtmaut, Mailand, Italien	<p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: Emissionsklassen</p> <p>Tarif: PKW: keine Einfahrt erlaubt, Bußgeld min. 74 € ohne Erlaubnis; Reisebustarife sind variabel: Kosten sind</p>
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Venedig , Italien	<p>Saisonabhängig</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: Reisebus Emissionsklassen</p>
Umweltzone, 56 Städte, Deutschland	<p>Tarif: statisch: (5 -15 € für Umweltplakette, 40 € Bußgeld)</p>
Pauschale Schwerverkehrsabgabe (PSVA), Schweiz	<p>Änderung der Wahl des Verkehrsmittels: Ziel der PSVA: Verlagerung des Gütertransport von Straße auf Schiene</p> <p>Tarif: statisch - Pauschalbetrag</p>

Anmerkung	
Area Licensing	
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Florenz, Italien	<p>Tarif: Reisebustarif von Buslänge abhängig, für Touristen gibt es eine temporäre Bewilligung "permesso di accesso temporaneo" für 2 Stunden</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: Reisebus Emissionsklassen</p>
Distanzabhängige Gebietsgebühr (Area Charging)	
Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA), Schweiz	<p>Änderung der Wahl des Verkehrsmittels: Ziel der LSVA: Verlagerung des Gütertransport von Straße auf Schiene</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: ab 2012 LKW Emissionsklassen</p>
Lorry Road User Charging (LKW Maut), Pilotprojekt, Großbritannien	<p>Abnahme Stauung, Verkehr: Abnahme von HGV (heavy goods vehicle)</p> <p>Tarif: Art der Bepreisung noch nicht endgültig fixiert</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: LKW Emissionsklassenrabatt wird angestrebt</p>
viaToll, Polen	<p>Finanzierung Straßenbau, Instandhaltung, Refinanzierung: Die Einnahmen gehen an einen Straßenfond, mit dem Infrastrukturprojekte finanziert werden.</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: LKW Emissionsklassen</p>
Toll collect (LKW Maut), Deutschland	<p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: LKW Emissionsklassen</p>
Abgestufte Gebietsgebühr	
Interstate 91 Express Lanes, Orange County, USA <i>(FasTrak OBU wird benötigt)</i>	<p>Interstate 15. San Diego County, USA <i>(FasTrak OBU wird benötigt)</i></p> <p>ÖV- Förderung: MTS Premium Express Bus wird finanziert</p> <p>Tarif: dynamisch 24h, min. 50 cents/mile geschätzt</p> <p>Ermäßigung Fahrgemeinschaften, Vanpools: keine Bemannung für HOV 2+ (gratis)</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: keine Bemannung (gratis)</p> <p>Tarif: dynamisch, min 1,3 \$/mile</p>
Interstate 680 Lanes (southbound), Alameda County, USA <i>(FasTrak OBU wird benötigt)</i>	<p>Ermäßigung Fahrgemeinschaften, Vanpools: gratis bei HOV 3+ bis auf peak hours: Mo-Fr 16 bis 18 Uhr östliche Richtung - 50% Nachlass mit FasTrak</p> <p>Ermäßigung Low Emission Fahrzeuge: zero emission vehicles- gleiche Bestimmung wie für carpool</p> <p>Tarif: dynamisch (Mo-Fr 05:00 - 20:00 Uhr), off peak min. 30 cents/mile</p>
Interstate 580 Lanes (eastbound), Pleasanton, USA (ab 2013) <i>(FasTrak OBU wird benötigt)</i>	<p>Ermäßigung Fahrgemeinschaften, Vanpools: gratis für HOV 2+ aber man muss seine FasTrak OBU mit Mylar® bag abdecken, Anhebung auf HOV 3+ für 2020 angedacht</p> <p>Tarif: dynamisch, Höhe noch nicht bekannt</p>
Interstate 680 Lanes (southbound), Santa Clara Countys, USA <i>(FasTrak OBU wird benötigt)</i>	<p>Ermäßigung Fahrgemeinschaften, Vanpools: gratis für HOV 2+ aber man muss seine FasTrak OBU mit Mylar® bag abdecken, Anhebung auf HOV 3+ für 2020 angedacht</p> <p>Tarif: dynamisch (Mo-Fr von 05:00 - 20:00 Uhr), off peak min. 30 cents/mile</p>
Interstate 495 Express Lanes, Capital Beltway Virginia, USA (Beginn Ende 2012), <i>(E-ZPass® account wird benötigt)</i>	<p>Ermäßigung Fahrgemeinschaften, Vanpools: gratis für HOV2+ aber man muss seine FasTrak OBU mit Mylar® bag abdecken, Anhebung auf HOV 3+ für 2020 angedacht</p>

Quellennachweis: Internationale Road Pricing Maßnahmen

		Quellennachweise
Objektgebühr (Facility Pricing)		
Bay-Bridge, San Francisco , USA	(1) http://www.baybridge.com/ ; (2) http://bata.mtc.ca.gov/tolls/schedule.htm ; (3) http://www.bayareafastrak.org/static/facilities/sfob.shtml (Tarife von allen Brücken)	
Bosporus-Brücken (Boğazici und Fatih Sultan Mehmet), Türkei	(1) http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteEng/Root/TollsBogazKopruleri.aspx ;	
Brücken und Tunnel, New York, USA (3 Betreiber)		
York City Department of Transportation ((NYC)DOT)	(1) http://www.nyc.gov/html/dot/html/bridges/bridges.shtml	
Metropolitan Transportation Authority (MTA)	(1) http://www.mta.info/fares/ ; (2) https://www.e-zpassny.com/en/about/about.shtml (E-Zpass)	
Port Authority of New York and New Jersey (PANYNJ)	(1) http://www.panynj.gov/bridges-tunnels/ ; (2) https://www.e-zpassny.com/en/about/about.shtml (E-Zpass)	
Brücken und Tunnel, New Jersey, USA		
Richtung NY von PANYNJ betrieben	(1) http://www.panynj.gov/bridges-tunnels/ ; (2) http://www.nj.gov/transportation/commuter/bike/bridges.shtml	
Delaware River Joint Toll Bridge Commission	(1) http://www.drjtbc.org/default.aspx?pageid=102	
Delaware River Port Authority of Pennsylvania and New Jersey	(1) http://www.drpa.org/commtrav/bridge_fares.html	
Brücken, Florida, USA	(1) https://www.sunpass.com/discountsAndRebates (ETC) ; (2) http://www.dot.state.fl.us/ (1) http://www.dart-tag.co.uk/nossl/home.php ; (2) http://www.highways.gov.uk/roads/projects/4065.aspx ; (3) http://assets.dft.gov.uk/consultations/dft-2011-08/dft-2011-08-consultation-document.pdf ; (4) http://www.dft.gov.uk/consultations/dft-2011-08	
Dartford River Crossing, Großbritannien		
Großer Sankt Bernhard-Tunnel, Schweiz/Italien	(1) http://www.letunnel.com/homepage.asp?l=4	
Munt la Schera (Livigno) - Tunnel, Schweiz/Italien	(1) http://www.engadin-strom.ch/de/index2.php?sprache=de	
Herrentunnel, Lübeck, Deutschland f	(1) http://www.herrentunnel.de/index.php/article/detail/1025	
Tauern Autobahn, Österreich	(1) http://www.asfinag.at/maut/sondermaut-fuer-kraftfahrzeuge-bis-3-5t-hzg	
Brenner Autobahn, Österreich	(1) http://www.asfinag.at/maut/sondermaut-fuer-kraftfahrzeuge-bis-3-5t-hzg	
Karawanken-, Gleinalm- u. Bosrucktunnel, Österreich	(1) http://www.asfinag.at/maut/sondermaut-fuer-kraftfahrzeuge-bis-3-5t-hzg	
Öresundbrücke, Dänemark/Schweden	(1) http://de.oresundsbron.com/page/26 ; (2) http://www.oeresund-bruecke.de/ ;	
Storebaeltbrücke, Dänemark	(1) http://www.storebaelt.dk/deutsch ; (2) http://www.oeresund-bruecke.de/ ;	
Stadttunnel „Prado-Carénage“, Marseille, Frankreich	(1) http://www.tunnelprado.com/	

Quellennachweise

Objektgebühr (Facility Pricing) (Fortsetzung)

Mont Blanc Tunnel, Frankreich/Italien	(1) http://www.tunnelmb.net/v3.0/de/tarifde.asp ; (2) http://www.tunnelmb.net/v3.0/de/environnement_de.asp#
Tunnel Učka, Kroatien	(1) http://www.bina-istra.com ; (2) http://www.oeamtc.at/?id=2500%2C%2C1033761%2C (Länderdatenbank/Kroatien/Maut und Vignette)
Warnowtunnel, Rostock, Deutschland	(1) http://www.warnowquerung.de/tarife.html
M6 Motorway Toll Road, Großbritannien	(1) http://www.highways.gov.uk/roads/projects/4722.aspx ; (2) http://www.bbc.co.uk/news/uk-11132747 ; (3) http://www.m6toll.co.uk/pricing/
Osterøy Brücke, Bergen, Norwegen	(1) http://www.bomringenbergen.no/
Stadtautobahn Citylink, Melbourne, Australien	(1) http://www.citylink.com.au/CityLink_prices_and_information_Jan_to_Mar2011web.pdf ; (2) http://www.citylink.com.au/937.htm (3) http://www.omegacentre.bartlett.ucl.ac.uk/studies/cases/pdf/AUS_CITYLINK_PROFILE_260311.pdf

Zeitabhängige Vignettensysteme

Vignette, Schweiz	(1) http://www.ezv.admin.ch/zollinfo_privat/informationen/00421/index.html?lang=de
Eurovignette (LKW), BeNeLux	(1) https://www.eurovignettes.eu/portal/de/welcome ; (2) http://www.ages.de/index.jsp?cnt=20undlng=49undsItem=128
Vignette, Österreich	(1) http://www.asfinag.at/maut/vignette-kraftfahrzeuge-bis-3-5t-hz
Vignette, Tschechien	(1) http://www.autobahn.cz/vignette ; http://www.sfdi.cz/EN/?lang=en
Vignette, Slowenien	(1) http://www.dars.si/Dokumenti/About_us_59.aspx ; (2) http://www.dars.si/Dokumenti/Toll/Methods_of_payment/Vehicles_under_35_t/Vignette_308.aspx
Vignette, Ungarn (E- Vignette)	(1) http://www.autobahn.hu/02Ematrica
Vignette "Rovinieta", Rumänien (E- Vignette)	(1) http://www.cnadnr.ro/pagina.php?idg=52 ; (2) http://www.untrr.ro/index.php?menu=ro_vignetteundpage=ro_vignette

Distanz- oder Streckenabhängig Maut

Autobahnenmaut "péage", Frankreich	(1) http://www.autoroutes.fr/index.htm ; (2) http://www.asecap.com/english/ ; (3) http://www.asecap.com/english/documents/TolledInfrastructureswithinaSECAP2007.pdf ; (4) http://www.telepeagepourtout.fr/fr/particulier/toutes_nos_offres ; (5)Technologie und Wirkung von PKW Road Pricing im Vergleich von Karl Steininger, Seite 83
Autobahnbetreiber "pedaggio", Italien	(1) http://www.autostrade.it/en/il-pedaggio/index.html?initPosAra=4 ; (2) http://www.telepass.it/ecm/faces/public/telepass/ ; (3) http://www.asecap.com/english/documents/TolledInfrastructureswithinaSECAP2007.pdf
LKW Maut "go-maut", Österreich	(1) http://www.asfinag.at/maut/go-box-kraftfahrzeuge-ueber-3-5t-hz
LKW Maut "premid", Tschechien	(1) http://www.premid.cz/index.php?id=homepageundL=2 ; http://www.sfdi.cz/EN/?lang=en
LKW Maut, Slowenien	(1) http://www.dars.si/Dokumenti/Toll/Methods_of_payment/Vehicles_above_35_t_313.aspx
Autobahnmaut "turnpike", Florida, USA	(1) http://www.floridasturnpike.com/

Quellennachweise

Kordon-System (Cordon Pricing)	
City Toll Ring, Oslo /Bærum , Norwegen	(1) http://www.fjellinjen.no/takster/takster_i_oslo_og_berum_1/en ; (2)"Technologien und Wirkungen von PKW Road Pricing im Vergleich" von Karl Steininger; (3)"Wirkung des Mobility Pricing" von Dipl.-Log. (FH) Nadine Roth, M.Sc. ; (4) http://easygo.com/de/mautstelle/norwegen/mautring-oslo-und-baerum ; (5) http://www.osmose-os.org/documents/210/OSLO_pric.pdf ; (6) http://www.autopass.no/ (7) http://design.open.ac.uk/potter/documents/NorwayTP.pdf
Trängselskatt, Stockholm, Schweden	(1) http://www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Trangselskatt/Trangselskatt-i-stockholm/ ; (2) http://www.stockholmsforsoket.se/upload/Sammanfattningar/English/Final%20Report_The%20Stockholm%20Trial.pdf
Trängselskatt, Göteborg, Schweden (ab Jän. 2013)	(1) http://www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Trangselskatt/Trangselskatt-i-goteborg/ ; (2) http://www.transportstyrelsen.se/Vag/Trangselskatt/Trangselskatt-i-goteborg/Fragor-svar-om-trangselskatt-i-goteborg/Varfor-infors-trangselskatt-i-Goteborg-/
Bompenger, Trondheim, Norwegen (bis Dez. 2005)	(1)Technologien und Wirkungen von PKW Road Pricing im Vergleich; (2)Wirkung des Mobility Pricing von Roth, Nadine Msc. (1) http://miljopakken.no/ ; (2) http://www.trondheim.kommune.no/miljopakken ; (3) http://www.trondelagbomveiselskap.no/ ; (4) http://easygo.com/de/mautstelle/norwegen/miljopakke-trondheim
Miljøpakken, Trondheim, Norwegen (März 2010 bis 2025)	(1) http://www.bomringenbergen.no/ ; (2) http://design.open.ac.uk/potter/documents/NorwayTP.pdf ; (3) http://www.autopass.no/ ;
Bomring, Bergen , Norwegen	(4)Road Pricing für den PKW-Verkehr in Deutschland: Szenarien und Wirkungsabschätzungen von Peter Strehle, Seite24ff, Kapitel Mautringe in Norwegen; (5) http://www.ivt.ethz.ch/docs/students/sa161.pdf
Electronic Road Pricing (ERP), Singapur (ab Sep. 1998)	(1) http://www.lta.gov.sg/motoring_matters/index_motoring_erp.htm (2) http://blog.chinahr.com/UploadedFiles/%E6%BB%95%E5%BF%97%E6%B3%A2/ShareFile/Ping2_RoadPricing_Singapore.pdf
Area Licensing	
Area Licensing Scheme (ALS), Singapur (von 1975 bis 1998)	(1) http://infopedia.nl.sg/articles/SIP_777_2004-12-13.html (2) http://portal.jnu.edu.cn/publish/uploadFile/2970/eWebEditor/20100706003513979.pdf (3) http://blog.chinahr.com/UploadedFiles/%E6%BB%95%E5%BF%97%E6%B3%A2/ShareFile/Ping2_RoadPricing_Singapore.pdf
Durham City road User Charge, Durham, Großbritannien	(1) http://www.durham.gov.uk/Pages/Service.aspx?ServiceId=6370
Congestion Charging Scheme, London, Großbritannien	(1) http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/6715.aspx ; (1)Impacts Monitoring - Sixth Annual Report (PDF 1.7MB) auf: http://www.tfl.gov.uk/roadusers/congestioncharging/6722.aspx unter "Monitoring and Research"
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Rom , Italien	(1) http://www.agenziamobilita.roma.it/ztl/ztl.html ; (2) http://berufsgruppe-bus.at/fileadmin/redaktion/AUTOBUS/Downloads/PDF/Laender/Busbestimmungen_Rom.pdf
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Bologna, Italien	(1) http://www.comune.bologna.it/

Quellennachweise

Area Licensing (Fortsetzung)

City-Maut, Seattle, USA (in Planung)	(1) http://www.seattle.gov/transportation/docs/FINAL%20Tolling%20Study%20report%20revised%206.25.10.pdf ; (2) http://www.seattle.gov/transportation/tolling_study.htm
Innenstadtmaut, Mailand, Italien	(1) http://www.wkw.at/docextern/autobusse/L%C3%A4nderlisteOrdner/Umweltzonen/Mailand.htm (2) http://www.mailand.diplo.de/contentblob/1863398/Daten/151325/Ecopass_Mailand_Flyer_deutsch_download.pdf ; (3) http://www.lowemissionzones.eu/de/index.php?option=com_content&view=article&id=329&Itemid=596
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Venedig, Italien	(1) http://www.asmvenezia.it/ ; (2) http://www.gadis.it/download/200903_ZTLVenezia.pdf ; (3) http://www.italweg.de/pdf/Venedig.pdf
Zone a Traffico Limitato (ZTL), Florenz, Italien	(1) http://www.bella-toscana.com/traffic_violations_italy.htm
Pauschale Schwerverkehrsabgabe (PSVA), Schweiz	(1) http://www.ezv.admin.ch/zollinfo_firmen/steuern_abgaben/00500/index.html?lang=de ; (2) Merkblatt zur schweizerischen Pauschalen Schwerverkehrsabgabe (PSVA) auf http://www.ezv.admin.ch/zollinfo_firmen/steuern_abgaben/00500/00591/index.html?lang=de rechts bei Publikationen zu herunterladen
Umweltzone, 56 Städte, Deutschland	(1) http://www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrspolitik/VerkehrUndUmwelt/Umweltzonen/umweltzonen_node.html ; (2) http://www.umweltbundesamt.de/umweltzonen/

Distanzabhängige Gebietsgebühr (Area Charging)

Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA), Schweiz	(1) http://www.ezv.admin.ch/zollinfo_firmen/steuern_abgaben/00379/index.html?lang=de ; (2) http://www.admin.ch/ch/d/sr/641_81/a1.html
Lorry Road User Charging (LKW Maut), Pilotprojekt, Großbritannien	(1) http://www.bettertransport.org.uk/system/files/Lorry+Road+User+Charging+Summary.pdf ; (2) www.parliament.uk/briefing.../SN00588.pdf ; (3) http://www.sml.hw.ac.uk/downloads/logisticsresearchcentre/lruc/Report1.pdf
viaToll, Polen	(1) http://www.viatoll.pl/de/lkv/tarife ; (2) http://www.viatoll.pl/de/pkw/tarife
Toll collect (LKW Maut), Deutschland	(1) http://www.bmvbs.de/DE/VerkehrUndMobilitaet/Verkehrspolitik/GueterverkehrUndLogistik/Lkw-Maut/lkw-maut_node.html ; (2) http://www.toll-collect.de

Abgestufte Gebietsgebühr

Interstate 15. San Diego County, USA	(1) http://www.keepsandiegomoving.com/I-5-Corridor/I-5-intro.aspx ; (2) http://fastrak.511sd.com/2011FallCampaign.aspx ;
Interstate 91 Express Lanes, Orange County, USA	(1) http://www.octa.net/91overview.aspx (Orange County Transportation Authority) (2) http://www.91expresslanes.com/
Interstate 680 Lanes (southbound), Alameda County, USA	(1) http://www.680expresslane.org/Home.asp
Interstate 580 Lanes (eastbound), Pleasanton, USA (ab 2013)	(1) http://www.680expresslane.org/Home.asp
Interstate 680 Lanes (southbound), Santa Clara Countys, USA	(1) http://www.680expresslane.org/Home.asp
Interstate 495 Express Lanes, Capital Beltway Virginia, USA (ab Ende 2012),	(1) http://virginiahotlanes.com/ (2) http://www.495expresslanes.com/

Anhang B: Postalische Erhebung

Ankündigungsschreiben - Postkarte

TU Graz **1811 2011**
200 JAHRE TU GRAZ

INFORMATION ZUR MOBILITÄT SERHEBUNG

MIAU Mobility in AUSTRIA

Falls Sie schon vorab Informationen erhalten wollen bzw. teilnehmen möchten:
Website: www.impuls.tugraz.at
E-Mail: impuls@tugraz.at
Telefon: 0316 873 6723 oder 0680 317 0566

Absender:
TU Graz - Institut für Straßen- und Verkehrswesen
Rechbauerstraße 12 – 8010 Graz

Österreichische Post AG
Info-Mail Entgelt bezahlt

Sehr geehrter Herr Koller,

Sie sind eine von 5000 Personen, welche durch Zufall ausgewählt wurde an einer Umfrageder Technischen Universität Graz zum Thema Verkehr und Mobilität teilzunehmen.

Sie erhalten in den nächsten Tagen die konkreten Informationen zugesandt.

Wir bitten Sie schon vorab uns bei unserem Vorhaben zu unterstützen.

Mit freundlichen Grüßen

M. Fellendorf
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf

Herrn
Max Mustermann
Musterstraße 1
8044 Graz

Ankündigungsschreiben – Persönliches Anschreiben Anschreibtyp 3

WISSEN • TECHNIK • LEIDENSCHAFT | SCIENCE • PASSION • TECHNOLOGY



Herrn
Max Mustermann
Hauptplatz 1
8010 Graz

Graz, 12. Juli 2011

Mobilitätserhebung – Umfrage zum Thema Verkehr

Sehr geehrter Herr Mustermann,

Das Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Technischen Universität Graz führt eine Umfrage zum Thema „Verkehrsverhalten“ durch.

Das Verkehrsverhalten ländlicher und städtischer Regionen in Niederösterreich, Wien und der Steiermark soll erforscht werden. Die Daten dienen als Grundlage für Mobilitätsmaßnahmen. Es sollen Informationen über die Zufriedenheit der Verkehrsteilnehmer gewonnen werden.

Sie wurden durch ein Zufallsprinzip ausgewählt und repräsentieren 900 Personen Ihrer Region. Bitte nehmen Sie sich kurz Zeit, um an der Erhebung teilzunehmen.

- Senden Sie bitte die beiliegende Postkarte an die Technische Universität Graz zurück (*Porto übernimmt der Empfänger*). Sie erhalten danach einen Fragebogen mit 25 Fragen, der auf ihre Region abgestimmt ist.
- Gerne können Sie den Fragebogen auch online unter www.impuls.tugraz.at ausfüllen, (*Eine Rücksendung der Postkarte ist nicht erforderlich*).

Weitere Details zur Erhebung können Sie dem beiliegenden Informationsblatt entnehmen. Bei Fragen senden Sie bitte eine E-Mail an impuls@tugraz.at.

Für Ihre Bemühungen haben wir Ihnen ein kleines Dankeschön beigelegt.

Danke für die zahlreiche Unterstützung!

Mit freundlichen Grüßen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf

Technische Universität Graz
Institut für Straßen- und Verkehrswesen
Rechbauerstraße 12, 8010 Graz
Telefon: 0680 317 0566
► impuls@tugraz.at



Ankündigungsschreiben - Informationsfolder



Technische Universität Graz
Institut für Straßen- und Verkehrswesen

*Ein herzliches Dankeschön
für Ihre Teilnahme und Ihr Interesse
an unserer Mobilitätsforschung!*

Mit freundlichen Grüßen

M. Fellner
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf



Informationsblatt zur Mobilitätsforschung



Technische Universität Graz
Institut für Straßen- und Verkehrswesen
Rechbauerstraße 12, 8010 Graz
Mobil: 0680 317 0566
► mobility@tugraz.at



Worum geht es?

Das Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Technischen Universität Graz führt eine Mobilitätsforschung in Niederösterreich, Steiermark und Wien durch. Dabei werden Personen im Alter von 18 bis 70 Jahren zu ihrem Verkehrsverhalten und Wünschen befragt. Die Ergebnisse der Erhebung werden in weiterer Folge für ein Studienprojekt und eine Dissertation verwendet.

Was ist eine Mobilitätsforschung?

Mobilitätsforschungen befassen sich mit dem Verkehrs- und Wegwahlverhalten von Personen, die aufgrund von Befragungen ermittelt werden. Bei Entwicklungen und Entscheidungen zu Verkehrslösungen ist man auf zuverlässige und aktuelle Daten angewiesen. In Mobilitätsforschungen wird somit tatsächlich als auch potentiell mögliches Verkehrsverhalten der Befragten ermittelt.

Wer wird befragt?

Insgesamt werden 5000 Personen repräsentativ verteilt auf 8 verschiedene österreichische Regionen per Post angeschrieben. Wir erhoffen uns eine möglichst hohe Beteiligung. Parallel zur postalischen Umfrage findet eine Vergleichsanalyse durch persönliche Befragung von Personen auf öffentlichen Plätzen statt.

Wie funktioniert die Teilnahme?

Die Teilnahme erfolgt anonym. Zunächst befragen wir Sie zu Ihrem Wegwahlverhalten unter verschiedenen Rahmenbedingungen und im Anschluss möchten wir Ihre Einstellung zum Thema Verkehr erheben.

- Sie erhalten von uns nach Rücksendung der Postkarte einen Fragebogen der auf Ihre Region abgestimmt ist

oder

- Sie können die Befragung auf bequem online durchführen. Besuchen Sie dafür bitte folgende Website:
► www.impuls.tugraz.at
(die Rücksendung der Postkarte ist nicht notwendig)

Es ist auch möglich, dass Verwandte und Bekannte an dieser Umfrage teilnehmen. Der Fragebogen kann jederzeit auf der bereits erwähnten Website ausgefüllt werden.

Teilnahmebedingungen

Die Teilnahme ist freiwillig. Die einzige Voraussetzung ist das Alter, das bei den Teilnehmer/innen zwischen 18 und 70 Jahren liegen muss.

Was passiert mit ihren Daten?

Unsere Arbeit obliegt dem Datenschutz. Sie können somit sicher sein, dass:

- Ihr Name und Ihre Anschrift nicht mit Ihren Interviewdaten mitgeführt werden
- niemand erfährt, welche Antworten sie persönlich gegeben haben
- Ihr Name und Ihre Anschrift nicht an Dritte weitergegeben wird
- keine Einzeldaten an Dritte weitergegeben werden, die einen Rückschluss auf Ihre Person zulassen
- die Daten ausschließlich zu Forschungszwecken genutzt werden.

Noch Fragen?

Bei Fragen wenden Sie sich bitte an:
Mobil: 0680 317 0566
► impuls@tugraz.at



Antwortkarte - Postkarte



Bitte beantworten Sie folgende Fragen, um einen auf Sie abgestimmten Fragebogen zu erhalten.

Fahren Sie selbst mehr als 2x im Monat mit dem Auto? (Bitte ankreuzen)

Ja Nein

Bitte geben Sie die Adresse

a) Ihres Wohnortes an

b) Ihres Arbeitsplatzes an

Bitte geben Sie ein Ziel an, welches Sie mit dem Auto öfters besuchen!
Geschäfte, Städte, Thermen, Freizeitparks...
welche mit dem Auto 15 - 30 Minuten entfernt sind.

Porto beim Empfänger einheben

An
Technische Universität Graz
Institut für Straßen- und Verkehrswesen
Rechbauerstraße 12
8010 Graz

Anschreiben – Anschreiben und Fragebogen

WISSEN • TECHNIK • LEIDENSCHAFT | SCIENCE • PASSION • TECHNOLOGY



Frau
Martina Hirsch
Auersbachstraße 18
8680 Mürzzuschlag

Graz, 07.09.2011

Sehr geehrte Frau Hirsch,

Danke für die Rücksendung der Datenpostkarte und Ihr somit aufgebrachtes Interesse an unserer Arbeit.

- Bitte nehmen Sie sich kurz Zeit die 15 Fragen des Fragebogens gewissenhaft zu beantworten.
- Anschließend senden Sie bitte den ausgefüllten Fragebogen zurück an die Technische Universität Graz, (Die Rücksendekosten übernimmt wieder die Technische Universität).

Ein herzliches Dankeschön gilt Ihnen, für Ihre uns gewidmete Zeit!

Wir bitten Sie als Erstes um ein paar persönliche Informationen.

Derzeitige Haupttätigkeit: Was trifft derzeit am **ehesten auf Sie zu?**

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Vollzeitbeschäftigt | <input type="checkbox"/> derzeit arbeitslos / auf Arbeitssuche |
| <input type="checkbox"/> Teilzeitbeschäftigt | <input type="checkbox"/> Pension |
| <input type="checkbox"/> Geringfügig beschäftigt | <input type="checkbox"/> Im Haushalt tätig/Hausfrau/Hausmann |
| <input type="checkbox"/> in Ausbildung (Lehre, Studium, Schulung) | <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ |

Falls Sie **Berufstätig sind, welche Stellung im Beruf trifft derzeit am ehesten auf Sie zu?**

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Arbeiter/in | <input type="checkbox"/> Angestellte/r |
| <input type="checkbox"/> Beamte/r | <input type="checkbox"/> Lehrling |
| <input type="checkbox"/> Selbstständig ohne Angestellte | <input type="checkbox"/> Selbstständig mit Angestellten |
| <input type="checkbox"/> Sonstiges: _____ | |

Wie oft fahren Sie **selbst mit einem **Auto (Lenker)**?**

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> täglich oder fast täglich | <input type="checkbox"/> mehrfach pro Woche |
| <input type="checkbox"/> nur am Wochenende | <input type="checkbox"/> seltener als 3 Fahrten im Monat |

Bitte beschreiben Sie den Personenwagen, den Sie in der Regel benutzen:

Marke: _____

Modell: _____

Baujahr: _____

Antriebsart: _____ (Benzin, Diesel, Hybrid...)

Motorleistung: (bitte ankreuzen)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> bis 54 PS (40 kW) | <input type="checkbox"/> bis 136 PS (100 kW) |
| <input type="checkbox"/> bis 81 PS (60 kW) | <input type="checkbox"/> bis 163 PS (120 kW) |
| <input type="checkbox"/> bis 108 PS (80 kW) | <input type="checkbox"/> ab 163 PS (120 kW) |

Besitzer des Personenwagens:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Sie selbst | <input type="checkbox"/> Ihr/e (Ehe)Partner/in |
| <input type="checkbox"/> Firmenfahrzeug | <input type="checkbox"/> Andere _____ |

Stellen Sie sich nun vor...

Sie fahren von ihrem Wohnort nach _____
und Sie wollen selbstverständlich rechtzeitig erscheinen. Auf manchen Straßen gibt es erhöhtes Verkehrsaufkommen, eine Umweltschutzzone oder auf anderen Alternativen müssen Sie für die Fahrt eine Straßenbenützungsgebühr (Vignette, Maut) bezahlen. Stellen Sie sich weiter vor, dass Sie an Stelle der Ihnen bekannten Route auch andere benutzen oder zu anderen Zeiten abfahren könnten. Entscheiden Sie sich bitte in den folgenden 6 Situationen für genau eine Möglichkeit und kreuzen Sie diese einfach an. Bitte nehmen Sie sich einige Minuten Zeit zum Überlegen der Antworten. Es ist für die Auswertung sehr wichtig, dass Sie dies tun.

1. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:20	0:26	0:24	0:36	reine Fahrzeit
Straßenart	Autobahn	Autobahn	Gemeindestraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit	mittel	mittel	sehr gut	mittel	Pünktlichkeit
Verspätung	bis 8 Minuten	bis 8 Minuten	bis 1 Minuten	bis 5 Minuten	Verspätung
Maut	5.08	2.03	-	-	Maut
Treibstoff/Ticket	2.54	1.78	4.07	3.80	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="2"/>	<input type="button" value="3"/>	<input type="button" value="4"/>	← Ihre Wahl

2. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:18	0:26	0:36	0:27	reine Fahrzeit
Straßenart	Landesstraßen	Autobahn	Autobahn	-	Straßenart
Pünktlichkeit	sehr gut	mittel	mittel	gut	Pünktlichkeit
Verspätung	bis 1 Minuten	bis 8 Minuten	bis 8 Minuten	bis 3 Minuten	Verspätung
Maut	2.54	3.05	0.51	-	Maut
Treibstoff/Ticket	2.54	2.54	3.05	2.29	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="2"/>	<input type="button" value="3"/>	<input type="button" value="4"/>	← Ihre Wahl

TU Graz - Befragung zum Entscheidungsverhalten bei Verkehrsroutenwahl

22.09.11 16:30

3. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:18	0:24	0:30	0:45	reine Fahrzeit
Straßenart	Landesstraßen	Autobahn	Gemeindestraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit	sehr gut	mittel	mittel	gut	Pünktlichkeit
Verspätung	bis 1 Minuten	bis 8 Minuten	bis 8 Minuten	bis 3 Minuten	Verspätung
Maut	2.03	3.05	0.51	-	Maut
Treibstoff/Ticket	2.03	3.30	4.07	3.80	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="2"/>	<input type="button" value="3"/>	<input type="button" value="4"/>	← Ihre Wahl

<http://mpuls.tugraz.at/nav/poll?start=star&ref=post#>

Seite 3 von 7

TU Graz - Befragung zum Entscheidungsverhalten bei Verkehrsroutenwahl

22.09.11 16:30

4. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:18	0:22	0:36	0:36	reine Fahrzeit
Straßenart	Autobahn	Landesstraßen	Landesstraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit	gut	mittel	sehr gut	gut	Pünktlichkeit
Verspätung	bis 5 Minuten	bis 8 Minuten	bis 1 Minuten	bis 3 Minuten	Verspätung
Maut	4.07	3.05	-	-	Maut
Treibstoff/Ticket	2.03	3.30	3.05	3.80	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="2"/>	<input type="button" value="3"/>	<input type="button" value="4"/>	← Ihre Wahl

<http://mpuls.tugraz.at/nav/poll?start=star&ref=post#>

Seite 4 von 7

5. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:23	0:26	0:24	0:45	reine Fahrzeit
Straßenart	Autobahn	Autobahn	Gemeindestraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit	sehr gut	mittel	schlecht	gut	Pünktlichkeit
Verspätung	bis 1 Minuten	bis 8 Minuten	bis 8 Minuten	bis 3 Minuten	Verspätung
Maut	2.54	3.05	-	-	Maut
Treibstoff/Ticket	1.78	3.30	4.07	3.80	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	1	2	3	4	← Ihre Wahl

6. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:18	0:24	0:30	0:36	reine Fahrzeit
Straßenart	Landesstraßen	Autobahn	Gemeindestraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit	sehr gut	gut	mittel	mittel	Pünktlichkeit
Verspätung	bis 1 Minuten	bis 5 Minuten	bis 8 Minuten	bis 5 Minuten	Verspätung
Maut	2.03	3.05	-	-	Maut
Treibstoff/Ticket	2.54	3.30	3.05	3.80	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	1	2	3	4	← Ihre Wahl

1. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:20	0:26	0:24	0:36	reine Fahrzeit
Straßenart	Autobahn	Autobahn	Gemeindestraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit Verspätung	mittel bis 8 Minuten	mittel bis 8 Minuten	sehr gut bis 1 Minuten	mittel bis 5 Minuten	Pünktlichkeit Verspätung
Maut	5.08	2.03	-	-	Maut
Treibstoff/Ticket	2.54	1.78	4.07	3.80	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="2"/>	<input type="button" value="3"/>	<input type="button" value="4"/>	← Ihre Wahl

2. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:18	0:26	0:36	0:27	reine Fahrzeit
Straßenart	Landesstraßen	Autobahn	Autobahn	-	Straßenart
Pünktlichkeit Verspätung	sehr gut bis 1 Minuten	mittel bis 8 Minuten	mittel bis 8 Minuten	gut bis 3 Minuten	Pünktlichkeit Verspätung
Maut	2.54	3.05	0.51	-	Maut
Treibstoff/Ticket	2.54	2.54	3.05	2.29	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="2"/>	<input type="button" value="3"/>	<input type="button" value="4"/>	← Ihre Wahl

3. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:18	0:24	0:30	0:45	reine Fahrzeit
Straßenart	Landesstraßen	Autobahn	Gemeindestraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit Verspätung	sehr gut bis 1 Minuten	mittel bis 8 Minuten	mittel bis 8 Minuten	gut bis 3 Minuten	Pünktlichkeit Verspätung
Maut	2.03	3.05	0.51	-	Maut
Treibstoff/Ticket	2.03	3.30	4.07	3.80	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="2"/>	<input type="button" value="3"/>	<input type="button" value="4"/>	← Ihre Wahl

4. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:18	0:22	0:36	0:36	reine Fahrzeit
Straßenart	Autobahn	Landesstraßen	Landesstraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit Verspätung	gut bis 5 Minuten	mittel bis 8 Minuten	sehr gut bis 1 Minuten	gut bis 3 Minuten	Pünktlichkeit Verspätung
Maut	4.07	3.05	-	-	Maut
Treibstoff/Ticket	2.03	3.30	3.05	3.80	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="2"/>	<input type="button" value="3"/>	<input type="button" value="4"/>	← Ihre Wahl

TU Graz • Befragung zum Entscheidungsverhalten bei Verkehrsroutenwahl

22.09.11 16:30

5. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:23	0:26	0:24	0:45	reine Fahrzeit
Straßenart	Autobahn	Autobahn	Gemeindestraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit	sehr gut	mittel	schlecht	gut	Pünktlichkeit
Verspätung	bis 1 Minuten	bis 8 Minuten	bis 8 Minuten	bis 3 Minuten	Verspätung
Maut	2.54	3.05	-	-	Maut
Treibstoff/Ticket	1.78	3.30	4.07	3.80	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="2"/>	<input type="button" value="3"/>	<input type="button" value="4"/>	← Ihre Wahl

<http://mpulsk.tugraz.at/nav/poll?start=start&ref=post#>

Seite 5 von 7

TU Graz • Befragung zum Entscheidungsverhalten bei Verkehrsroutenwahl

22.09.11 16:30

6. Szenario

Nehmen Sie an, Sie haben die folgenden Routen mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften zur Auswahl, um an das angegebene Ziel zu gelangen. Wie würden Sie sich entscheiden?

	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4	
reine Fahrzeit	0:18	0:24	0:30	0:36	reine Fahrzeit
Straßenart	Landesstraßen	Autobahn	Gemeindestraßen	-	Straßenart
Pünktlichkeit	sehr gut	gut	mittel	mittel	Pünktlichkeit
Verspätung	bis 1 Minuten	bis 5 Minuten	bis 8 Minuten	bis 5 Minuten	Verspätung
Maut	2.03	3.05	-	-	Maut
Treibstoff/Ticket	2.54	3.30	3.05	3.80	Treibstoff/Ticket
Ihre Wahl →	<input type="button" value="1"/>	<input type="button" value="2"/>	<input type="button" value="3"/>	<input type="button" value="4"/>	← Ihre Wahl

<http://mpulsk.tugraz.at/nav/poll?start=start&ref=post#>

Seite 6 von 7

Bitte geben Sie noch folgende Informationen zu Ihrem Verkehrsverhalten an.

Wie viele Kilometer sind Sie in den letzten 12 Monaten selbst mit einem PKW etwa gefahren?

- bis 5.000 km bis 30.000 km
 bis 10.000 km über 30.000 km
 bis 20.000 km €

Besitzen Sie eine Monats- oder Jahreskarte für den Öffentlichen Verkehr?

- Monatskarte Halb-/Jahreskarte Nein

Sind Sie Mitglied in einem Automobilclub (ÖAMTC, ARBÖ etc.)?

- Ja Nein

Wir bitten Sie noch einige Fragen über ihre Person zu beantworten:

Sie sind...

- weiblich männlich

Wie alt sind Sie? - _____ Jahre

Welche **höchste abgeschlossene Ausbildung** haben Sie?

- Pflichtschule Mittlere Schule (z.b. HASCH)
 Lehre AHS / BHS / Kolleg / Matura
 Uni / FH / Akademie Sonstiges: _____

Wie viele Personen leben in Ihrem Haushalt insgesamt?-

_____ Personen

Wie viele **Kinder** (unter 18 Jahren) leben in Ihrem Haushalt insgesamt?-

_____ Kinder

Problembereiche bei der Straßennutzung in ihrem Bundesland!

Wie häufig sind Sie von folgenden Situationen betroffen?

Betrifft mich...

Verkehrsüberlastung (z.B. Stau, zähflüssiger Verkehr, etc.) auf dem Arbeitsweg	oft	manchmal	selten	nie	keine Angabe
Verkehrsüberlastung in der Freizeit	oft	manchmal	selten	nie	keine Angabe
Mangel an Alternativen zum PKW auf dem Arbeitsweg (keine ÖV, schlechter Takt, kein Radweg etc.)	oft	manchmal	selten	nie	keine Angabe
Mangel an Alternativen zum PKW in der Freizeit	oft	manchmal	selten	nie	keine Angabe

Straßenbenützungsgebühren

Bitte bewerten Sie diese Aussagen nach Ihrer Zustimmung:

Ganz allgemein finde ich es gerechtfertigt, für die Benützung von Straßen Gebühren zu zahlen.	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu	keine Angabe
Ich wäre bereit, Gebühren zur Verkehrsberuhigung (weniger Autos auf den Straßen) zu zahlen.	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu	keine Angabe
Ich wäre bereit, Gebühren zur Erhaltung der Straßen zu zahlen.	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu	keine Angabe
Ich wäre bereit, Gebühren zu zahlen, wenn es dem Umweltschutz dient.	Stimme zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme nicht zu	keine Angabe

Straßenbenützungsgebühren

Welche Konsequenzen könnten Sie sich nach Einführung von Straßenbenützungsgebühren vorstellen?

Kann ich mir...

Alternativstrecken fahren, um die Gebühren zu umgehen.	gut vorstellen	eher vorstellen	eher nicht vorstellen	nicht vorstellen	Keine Angabe
Langfristig den Wohnort oder den Arbeitsplatz verlegen.	gut vorstellen	eher vorstellen	eher nicht vorstellen	nicht vorstellen	Keine Angabe
Auf öffentliche Verkehrsmittel umsteigen.	gut vorstellen	eher vorstellen	eher nicht vorstellen	nicht vorstellen	Keine Angabe
Gebühren zahlen und weiterhin mit dem Auto fahren.	gut vorstellen	eher vorstellen	eher nicht vorstellen	nicht vorstellen	Keine Angabe

Umweltschutz

Bitte bewerten Sie die folgenden Aussagen je nach Wichtigkeit von 1 für „sehr wichtig“ bis 5 für „unwichtig“.

Persönliche Auseinandersetzung mit dem Thema Umweltschutz.	1	2	3	4	5	Keine Angabe
Politische Maßnahmen zum Umweltschutz.	1	2	3	4	5	Keine Angabe
Beitrag des Einzelnen zum Umweltschutz.	1	2	3	4	5	Keine Angabe
Aufklärung der Bevölkerung über die Möglichkeiten zum Umweltschutz.	1	2	3	4	5	Keine Angabe

Aus statistischen Gründen ist die Erhebung Ihres monatlichen (Haushalts-) Nettoeinkommens für unsere Untersuchung sehr wertvoll.

Bitte zählen Sie das gesamte monatliche Nettoeinkommen aller Personen im Haushalt zusammen, das nach Abzug der Steuern und Sozialversicherungsbeiträge monatlich übrig bleibt.

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> bis 999 € | <input type="checkbox"/> 1.000 bis 1.499 € | <input type="checkbox"/> 1.500 bis 1.999 € |
| <input type="checkbox"/> 2.000 bis 2.499 € | <input type="checkbox"/> 2.500 bis 2.999 € | <input type="checkbox"/> 3.000 bis 3.499 € |
| <input type="checkbox"/> 3.500 bis 3.999 € | <input type="checkbox"/> 4.000 bis 4.499 € | <input type="checkbox"/> Mehr als 4.500 € |

Bitte geben Sie Ihr persönliches monatliches Nettoeinkommen nach Abzug der Steuern und Sozialversicherungsbeiträge an.

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Bis 499 € | <input type="checkbox"/> 500 bis 999 € | <input type="checkbox"/> 1.000 bis 1.499 € |
| <input type="checkbox"/> 1.500 bis 1.999 € | <input type="checkbox"/> 2.000 bis 2.499 € | <input type="checkbox"/> 2.500 bis 2.999 € |
| <input type="checkbox"/> 3.000 bis 3.499 € | <input type="checkbox"/> 3.500 bis 3.999 € | <input type="checkbox"/> Mehr als 4.000 € |

WISSEN • TECHNIK • LEIDENSCHAFT | SCIENCE • PASSION • TECHNOLOGY



Herzlichen Dank für Ihre Unterstützung!

Damit sind wir am Ende unserer Befragung. Vielen Dank!

Haben Sie Anmerkungen oder Kommentare die Sie uns mitteilen möchten, können Sie das jetzt noch tun.

Technische Universität Graz
Institut für Straßen- und Verkehrswesen
Rechbauerstraße 12, 8010 Graz
Telefon: 0680 317 0566
► impuls@tugraz.at



Anhang C: Versuchsplan

Entscheidungssituation	Variable	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4
1	Fahrzeit	0.95	0.9	1	1.25
1	Straßenart	1	1	1	-
1	Pünktlichkeit	2	1	-1	1
1	Maut	10	4	2	-
1	Treibstoff/Ticket	0.7	1	1.8	0.8
2	Fahrzeit	0.95	0.9	1.5	0.75
2	Straßenart	1	1	0	-
2	Pünktlichkeit	1	0	2	0
2	Maut	16	8	0	-
2	Treibstoff/Ticket	0.7	1	1.6	1.2
3	Fahrzeit	0.85	1.1	1.25	1
3	Straßenart	1	1	0	-
3	Pünktlichkeit	2	0	0	0
3	Maut	8	8	2	-
3	Treibstoff/Ticket	0.7	0.7	1.8	1
4	Fahrzeit	0.85	0.9	1.5	1.25
4	Straßenart	1	1	0	-
4	Pünktlichkeit	2	1	-1	0
4	Maut	8	4	2	-
4	Treibstoff/Ticket	0.7	0.7	1.8	1
5	Fahrzeit	0.75	1	1.25	1.25
5	Straßenart	1	0	0	-
5	Pünktlichkeit	2	0	-1	1
5	Maut	8	8	2	-
5	Treibstoff/Ticket	0.8	1	1.8	0.8
6	Fahrzeit	0.85	1	1.5	0.75
6	Straßenart	1	0	1	-
6	Pünktlichkeit	1	1	-1	1
6	Maut	16	6	2	-
6	Treibstoff/Ticket	0.7	1.3	1.2	1.2
7	Fahrzeit	0.95	0.9	1	1.25
7	Straßenart	0	1	1	-
7	Pünktlichkeit	1	1	2	0
7	Maut	20	4	0	-
7	Treibstoff/Ticket	0.8	1	1.6	1
8	Fahrzeit	0.75	1.1	1.5	0.75
8	Straßenart	1	1	0	-
8	Pünktlichkeit	1	0	2	0
8	Maut	16	8	2	-
8	Treibstoff/Ticket	1	0.7	1.8	1
9	Fahrzeit	0.95	1	1	1
9	Straßenart	0	1	1	-
9	Pünktlichkeit	1	0	2	0
9	Maut	20	4	0	-
9	Treibstoff/Ticket	0.8	0.7	1.8	0.8
10	Fahrzeit	0.95	1.1	1.25	0.75
10	Straßenart	0	0	2	-
10	Pünktlichkeit	2	1	-1	0
10	Maut	10	6	0	-
10	Treibstoff/Ticket	0.8	1	1.2	1.2
11	Fahrzeit	0.75	1.1	1.5	0.75
11	Straßenart	0	1	2	-
11	Pünktlichkeit	1	1	0	1
11	Maut	10	12	2	-
11	Treibstoff/Ticket	1	0.7	1.2	1.2
12	Fahrzeit	0.85	0.9	1.25	1.25
12	Straßenart	0	0	2	-
12	Pünktlichkeit	1	1	0	1
12	Maut	16	6	0	-
12	Treibstoff/Ticket	1	1.3	1.2	0.8

Entscheidungssituation	Variable	Auto 1	Auto 2	Auto 3	ÖV 4
13	Fahrzeit	0.85	1	1.25	0.75
13	Straßenart	1	0	0	-
13	Pünktlichkeit	2	1	0	0
13	Maut	8	6	2	-
13	Treibstoff/Ticket	0.7	1.3	1.6	1
14	Fahrzeit	0.85	0.9	1.5	1
14	Straßenart	0	1	1	-
14	Pünktlichkeit	1	0	2	1
14	Maut	20	4	0	-
14	Treibstoff/Ticket	1	1	1.2	1.2
15	Fahrzeit	0.75	1.1	1	1
15	Straßenart	1	0	1	-
15	Pünktlichkeit	2	1	-1	1
15	Maut	10	6	2	-
15	Treibstoff/Ticket	0.8	0.7	1.6	1.2
16	Fahrzeit	0.85	1	1	1.25
16	Straßenart	0	1	1	-
16	Pünktlichkeit	1	1	0	1
16	Maut	20	4	0	-
16	Treibstoff/Ticket	1	1	1.8	0.8
17	Fahrzeit	0.95	0.9	1.25	1
17	Straßenart	0	1	0	-
17	Pünktlichkeit	1	0	2	0
17	Maut	20	6	0	-
17	Treibstoff/Ticket	0.8	0.7	1.8	0.8
18	Fahrzeit	0.95	1	1	0.75
18	Straßenart	0	0	2	-
18	Pünktlichkeit	2	1	-1	0
18	Maut	16	8	2	-
18	Treibstoff/Ticket	0.7	1.3	1.6	1
19	Fahrzeit	0.85	1.1	1	1
19	Straßenart	0	0	2	-
19	Pünktlichkeit	0	0	2	0
19	Maut	20	8	0	-
19	Treibstoff/Ticket	1	0.7	1.6	1
20	Fahrzeit	0.75	1.1	1.5	0.75
20	Straßenart	1	0	0	-
20	Pünktlichkeit	2	0	0	1
20	Maut	10	12	2	-
20	Treibstoff/Ticket	1	1	1.2	1.2
21	Fahrzeit	0.75	1	1.25	1.25
21	Straßenart	1	0	2	-
21	Pünktlichkeit	2	0	0	1
21	Maut	8	12	2	-
21	Treibstoff/Ticket	0.8	1.3	1.6	0.8
22	Fahrzeit	0.75	0.9	1.5	1
22	Straßenart	0	1	1	-
22	Pünktlichkeit	1	0	2	1
22	Maut	16	12	0	-
22	Treibstoff/Ticket	0.8	1.3	1.2	1.2
23	Fahrzeit	0.95	1.1	1	1.25
23	Straßenart	0	0	2	-
23	Pünktlichkeit	2	0	-1	1
23	Maut	10	12	0	-
23	Treibstoff/Ticket	0.7	1.3	1.6	0.8
24	Fahrzeit	0.75	1	1.25	1
24	Straßenart	1	0	2	-
24	Pünktlichkeit	2	1	0	0
24	Maut	8	12	0	-
24	Treibstoff/Ticket	1	1.3	1.2	1

Anhang D: Detailbeschreibung des Datensatzes

Variable	Werte	Beschreibung
yearlyDistance	1,2,3,4,5,6	Fahrleistung pro Jahr
yearlyDistance_1	1	bis 5.000 km
yearlyDistance_2	1	bis 10.000 km
yearlyDistance_3	1	bis 15.000 km
yearlyDistance_4	1	bis 20.000 km
yearlyDistance_5	1	bis 30.000 km
yearlyDistance_6	1	über 30.000 km
ticketType	0,1,2,3	Abo - Öffentliches Verkehrsmittel
ticketType_keineAngabe	1	keine Angabe
ticketType_Monat	1	Monatskarte
ticketType_HalbJahr	1	Halb-/Jahreskarte
ticketType_No	1	Nein
sex	1,2	Geschlecht der befragten Person
sex_male	1	männlich
sex_female	1	weiblich
age	Jahre	Alter der befragten Person
age_1	1	18 - 20 Jahre
age_2	1	21 - 30 Jahre
age_3	1	31 - 40 Jahre
age_4	1	41 - 50 Jahre
age_5	1	51 -60 Jahre
age_6	1	> 60 Jahre
educationLevel	1,2,3,4,5	höchste abgeschlossene Ausbildung
educationLevel_1	1	Pflichtschule
educationLevel_2	1	Mittlere Schule (z.B. HASCH)
educationLevel_3	1	Lehre
educationLevel_4	1	AHS / BHS / Kolleg / Matura
educationLevel_5	1	UNI / FH / Akademie
householdPeople	1,2,3,4,5,6,7,8	Anzahl der Personen im Haushalt
householdPeople_1	0	1 Personen Haushalt
householdPeople_2	0	2 Personen Haushalt
householdPeople_3	0	3 Personen Haushalt
householdPeople_4	1	3+ Personen Haushalt
householdChildren	0,1,2,3,4,5	Anzahl der Kinder im Haushalt
householdChildren_0	0	keine Kinder im Haushalt
householdChildren_1	1	Kinder im Haushalt
householdIncomeALL	€	Nettoeinkommen (Haushalt) in Euro
householdIncomeold	1,2,3,4,5,6,7,8,9	Nettoeinkommen Klassen (Haushalt)
householdIncome_1	1	bis 999
householdIncome_2	1	1.000 bis 1.499
householdIncome_3	1	1.500 bis 1.999
householdIncome_4	1	2.000 bis 2.499
householdIncome_5	1	2.500 bis 2.999
householdIncome_6	1	3.000 bis 3.499
householdIncome_7	1	3.500 bis 3.999
householdIncome_8	1	4.000 bis 4.499
householdIncome_9	1	mehr als 4.500

Variable	Werte	Beschreibung
distance_round	km	Länge der Route
distance_5	1	< 5 km Länge der Route
distance_10	1	5 -10 km Länge der Route
distance_15	1	11 - 15 km Länge der Route
distance_20	1	16 - 20 km Länge der Route
distance_25	1	21 - 25 km Länge der Route
distance_30	1	26 - 30 km Länge der Route
distance_35	1	31 - 35 km Länge der Route
distance_40	1	41 - 45 km Länge der Route
distance_45	1	46 - 50 km Länge der Route
distance_50	1	51 - 75 km Länge der Route
distance_75	1	75 -100 km Länge der Route
distance_100	1	> 100 km Länge der Route
carcategorie	1 - 12	Autokategorien
carcategorie_1	1	Minis
carcategorie_2	1	Kleinwagen
carcategorie_3	1	Kompaktklasse
carcategorie_4	1	Mittelklasse
carcategorie_5	1	Oberemittelklasse
carcategorie_6	1	Oberklasse
carcategorie_7	1	Sportwagen
carcategorie_8	1	Geländewagen
carcategorie_9	1	Minivans
carcategorie_10	1	Grossraumvans
carcategorie_11	1	Utilities
carcategorie_12	1	Sonstiges
carYear	Jahre	Baujahr des Autos
carType2	1,2,3,4	Antriebsart
carType2_Benzin	0	Benzin
carType2_Diesel	1	Diesel
carType2_Hybrid	1	Hybrid
carType2_Sonstiges	1	Sonstiges
carBHP	kW	Motorleistung
carBHP_40	1	bis 54 PS (40 kW)
carBHP_60	1	bis 81 PS (60 kW)
carBHP_80	1	bis 108 PS (80 kW)
carBHP_100	1	bis 136 PS (100 kW)
carBHP_120	1	bis 163 PS (120 kW)
carBHP_121	1	ab 163 PS (120 kW)
carOwner	1	Fahrzeughalter
carOwner_1	1	Person selbst
carOwner_2	1	Firmenfahrzeug
carOwner_3	1	Ihr/e (Ehe)Partner/in
carOwner_4	1	Andere
carClub	1	Mitglied in einem Automobilclub
personallIncomeALL	€	Nettoeinkommen (Einzelperson)
personallIncomeold	2,3,4,5,6,7,8,9	Nettoeinkommen Klassen (Einzelperson)
personallIncome_2	0	bis 999
personallIncome_3	0	1.000 bis 1.499
personallIncome_4	0	1.500 bis 1.999
personallIncome_5	0	2.000 bis 2.499
personallIncome_6	0	2.500 bis 2.999
personallIncome_7	0	3.000 bis 3.499
personallIncome_8	0	3.500 bis 3.999
personallIncome_9	0	mehr als 4.000

Variable	Werte	Beschreibung
employmentA	1,2,3,4,5,6,7,8	Beschäftigungsverhältnis
employmentA_1	1	Vollzeitbeschäftigt
employmentA_2	1	Teilzeitbeschäftigt
employmentA_3	1	Geringfügigbeschäftigt
employmentA_4	1	in Ausbildung (Lehre, Studium, Schulung)
employmentA_5	1	derzeit arbeitslos / auf Arbeitssuche
employmentA_6	1	Pension
employmentA_7	1	im Haushalt tätig/Hausfrau/Hausmann
employmentA_8	1	Sonstiges
employmentB	1,2,3,4,5,6,7	Berufsgruppe
employmentB_1	1	Arbeiter/in
employmentB_2	1	Beamte/r
employmentB_3	1	Selbstständig ohne Angestellte
employmentB_4	1	Angestellte/r
employmentB_5	1	Lehrling
employmentB_6	1	Selbstständig mit Angestellten
employmentB_7	1	Sonstiges
start_pop	[Einwohner]	Startort - Einwohnergröße
start_pop500	1	< 500 Einwohner
start_pop1000	1	501 - 1.000 Einwohner
start_pop2000	1	1.001 - 2.000 Einwohner
start_pop2500	1	2.001 - 2.500 Einwohner
start_pop3000	1	2.501 - 3.000 Einwohner
start_pop5000	1	3.001 - 5.000 Einwohner
start_pop10000	1	5.001 - 10.000 Einwohner
start_pop20000	1	10.000 - 20.000 Einwohner
start_pop250000	1	20.001 - 250.000 Einwohner
start_popover50000	1	> 250.000 Einwohner
goal_pop	[Einwohner]	Zielort - Einwohnergröße
goal_pop500	1	< 500 Einwohner
goal_pop1000	1	501 - 1.000 Einwohner
goal_pop2000	1	1.001 - 2.000 Einwohner
goal_pop2500	1	2.001 - 2.500 Einwohner
goal_pop3000	1	2.501 - 3.000 Einwohner
goal_pop5000	1	3.001 - 5.000 Einwohner
goal_pop10000	1	5.001 - 10.000 Einwohner
goal_pop20000	1	10.000 - 20.000 Einwohner
goal_pop250000	1	20.001 - 250.000 Einwohner
goal_popover50000	1	> 250.000 Einwohner
start_bobek	1,2,3,4,5,6,7,8,9	Startort - räumliche Strukturklasse Bobek
start_bob1	1	1. Klasse
start_bob2	1	2. Klasse
start_bob3	1	3. Klasse
start_bob4	1	4. Klasse
start_bob5	1	5. Klasse
start_bob6	1	6. Klasse
start_bob7	1	7. Klasse
start_bob8	1	8. Klasse
start_bob9	1	9. Klasse

Variable	Werte	Beschreibung
goal_bobek	1,2,3,4,5,6,7,8,9	Zielort - räumliche Strukturklasse Bobek
goal_bob1	1	1. Klasse
goal_bob2	1	2. Klasse
goal_bob3	1	3. Klasse
goal_bob4	1	4. Klasse
goal_bob5	1	5. Klasse
goal_bob6	1	6. Klasse
goal_bob7	1	7. Klasse
goal_bob8	1	8. Klasse
goal_bob9	1	9. Klasse