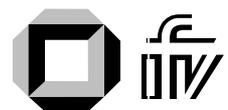


Dirk Wittowsky

**Dynamische Informationsdienste im ÖPNV –
Nutzerakzeptanz und Modellierung**

INSTITUT FÜR VERKEHRSWESEN
UNIVERSITÄT KARLSRUHE (TH)
PROFESSOR DR.-ING. D. ZUMKELLER



Schriftenreihe Heft 68/09 ISBN 978-3-9811078-4-5

© 2009 Institut für Verkehrswesen
Universität Karlsruhe (TH)
ISBN 3-9811078-4-5
978-3-9811078-4-5
ISSN 0341 – 5503
Alle Rechte vorbehalten
Herausgeber und Vertrieb:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dirk Zumkeller
Institut für Verkehrswesen
Universität Karlsruhe (TH)
Kaiserstraße 12, Postfach 69 80
D-76128 Karlsruhe
Telefon: (07 21) 6 08-22 51
Telefax: (07 21) 6 08-80 31

Kurzfassung

Wittowsky, Dirk

Dynamische Informationsdienste im ÖPNV – Nutzerakzeptanz und Modellierung

140 Seiten, 48 Abbildungen, 37 Tabellen

Der öffentliche Nahverkehr steht vor schwierigen Zeiten – hier sind nicht nur die knappen Kassen der öffentlichen Hand zu nennen, sondern auch der demographische Wandel. Zudem erschweren die abnehmenden Bündelungsmöglichkeiten der Verkehrsströme die Entwicklung von Konzepten für die Mobilität von morgen. Zur Angebotsverbesserung werden deshalb zunehmend innovative Technologien in Betracht gezogen, deren Wirkungen auf die Nachfrage zumeist unbekannt sind. Bereits in der Planungsphase müssen demzufolge Wirkungspotenziale informationstechnischer Maßnahmen bestimmt werden, damit vorgesehene Finanzmittel effizient eingesetzt werden können. Prinzipiell bieten Simulationen eine gute Basis für derartige Prognosen, wobei allerdings empirische Grundlagendaten für die Analyse von Wirkungszusammenhängen und die Kalibrierung entsprechender Modelle rar sind.

Im Rahmen des BMBF-Projektes RUDY wurde versucht, diesem Missstand entgegenzuwirken. Ausgangspunkt war die Entwicklung und Umsetzung einer Planspielerhebung zur Schaffung einer detaillierten Datengrundlage. Ziel dieser Untersuchung war es, das Mobilitätsverhalten unter dem Einfluss von Informationsdiensten in wirklichkeitsnahen Entscheidungssituationen zu messen. Mit Hilfe der Planspielsimulation konnten empirische Daten gewonnen werden, auf deren Grundlage ein ökonomischer Modellansatz entwickelt und umgesetzt wurde. Am Beispiel der Region Ulm wurden die Wirkungen von dynamischen Informationsdiensten auf die Verkehrsmittelwahl bestimmt und analysiert. Die Ergebnisse der Simulation verdeutlichen, dass die vermehrte Bereitstellung von Echtzeitinformationen einen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl ausübt. Es konnte nachgewiesen werden, dass dadurch die Kundenzufriedenheit ansteigt und Verhaltensroutinen aufgebrochen werden bzw. die Bereitschaft zur Multimodalität gefördert wird. Vor allem in ländlichen Regionen lässt die Kombination von flexiblen Bedienformen und Informationstechnologien das größte Potenzial erwarten, das Angebot im öffentlichen Nahverkehr attraktiv zu halten. Neben der Simulation von zwei Szenarien wurde eine Sensitivitätsanalyse zur Quantifizierung der Nachfrageeffekte unterschiedlicher IuK-Technologien durchgeführt.

Der entwickelte mikroskopische Modellansatz ist eine praktikable Möglichkeit, Wirkungen von dynamischen Informationsdiensten im Vorfeld abzuschätzen und eine objektive Entscheidungsgrundlage für die Bewertung und Priorisierung einzelner informationstechnischer Maßnahmen bereitzustellen.

Abstract

Wittowsky, Dirk

Dynamic Public Transport Information Services – User acceptance and Modelling

140 pages, 48 figures, 37 tables

Public transport systems are facing difficult times. This is not only due to tight public sector budgets, but also because of demographic change. In addition to this, the decreasing ability to bundle traffic flows is hampering the development of concepts for tomorrow's mobility. Therefore, innovative technologies, whose impact on traffic demand vastly are unknown, are increasingly being considered in order to improve service offers. Consequently, the potential effects of IT measures need to be determined right from the planning phase in order to safeguard the efficient use of earmarked funding. In a nutshell, simulations provide a solid basis for these kinds of forecasts given the scarcity of fundamental empirical data for the analysis of cause-and-effect chains and the calibration of relevant models.

To remedy this deficiency the RUDY project was commissioned by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). A specially developed simulation game served as a starting point in order to provide a detailed data basis. The aim of this survey was to measure mobility behaviour under the influence of information services in realistic decision-making situations. By applying the simulation game empirical data could be acquired which then formed the basis for the development and implementation of an econometric modelling approach. Using the Ulm region as an example the impact of dynamic information services on mode choice was determined and analysed. The results of the simulation clearly indicate that increased provision of up-to-date information exerts affect the choice of transport modes. It could be shown that such a facility increases customer satisfaction and breaks up behavioural routines by stimulating willingness to consider multimodal options. The greatest potential for maintaining attractive offers in public mass transit can be anticipated by combining flexible operating forms and information technology in rural areas in particular. In addition simulating two scenarios a sensitivity analysis was carried out also in order to quantify the effects of demand provided by different ICT technologies.

The microscopic modelling approach developed is a viable way to pre-estimate the effects of dynamic information services in advance and to provide an objective decision-making basis for the evaluation and prioritisation of individual IT measures.

Dynamische Informationsdienste im ÖPNV – Nutzerakzeptanz und Modellierung

Zur Erlangung des akademischen Grades eines

DOKTOR-INGENIEURS

von der Fakultät für
Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften
der Universität Fridericiana zu Karlsruhe (TH)
genehmigte

DISSERTATION

von
Dipl.-Ing. Dirk Wittowsky
aus Duisburg

Tag der mündlichen Prüfung: 17. Dezember 2008

Hauptreferent: Prof. Dr.-Ing. D. Zumkeller

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. E. Hohnecker

Karlsruhe 2008

Vorwort

Verkehrstelematische Maßnahmen haben die Informationslandschaft im ÖPNV nach jahrzehnter langer Monotonie revolutioniert. Für einen Verkehrswissenschaftler besteht die reizvolle Herausforderung darin, Wirkungseffekte von Informations- und Kommunikationstechnologien abzuschätzen und Handlungsoptionen abzuleiten. Die vorliegende Arbeit entstand während und im Anschluss meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Verkehrswesen (IfV) der Universität Karlsruhe (TH). Dabei hatte ich das Glück, in dem praxisorientierten Forschungsprojekt RUDY innovative Ansätze mit zu entwickeln und zahlreiche empirische Untersuchungen durchzuführen.

Das Schreiben einer Dissertation ist ein langer Prozess über viele Monate, der nur mit vielfältiger Unterstützung zum erfolgreichen Abschluss gebracht werden kann. Vor allem der berufsbegleitende Abschluss dieser Arbeit erforderte eine unentwegte Motivation durch viele liebe Menschen sowie Arbeitgebern, bei denen auch in der ein oder anderen Minute ein „fremder“ Gedanke toleriert wurde. Mein herzlicher Dank gilt allen, die auf ihre ganz persönlichen Weise, zur Realisierung des Ganzen beigetragen haben.

Meinem Doktorvater, Herrn Professor Dirk Zumkeller, gilt mein besonderer Dank für die Übernahme des Referats und das mir entgegengebrachte Vertrauen. Er hat an sehr entscheidenden Stellen mit Anregungen und Rat weitergeholfen und schließlich die Fertigstellung der Arbeit – „Schleife drum machen“ – eingefordert. Ebenso gilt mein Dank Herrn Professor Eberhard Hohnecker für seine freundliche Bereitschaft zur Übernahme des Korreferats. Besonders bedanke ich mich bei Dr. Stephan Schnittger für die spannende Zusammenarbeit und die Begleitung meiner Arbeit über die gesamte Zeit. Ferner möchte ich mich bei allen Kolleginnen und Kollegen am IfV für das angenehme Arbeitsklima und die vielfältigen Denkanstöße bedanken. Mein herzlicher Dank gilt vor allem Dr. Wilko Manz und Peter Ottmann für fachliche Diskussionen mit vielen wertvollen Ratschlägen, konstruktiv kritischen Auseinandersetzung mit dieser Arbeit, Tipps zu formalen Aspekten der schriftlichen Ausarbeitung und der ständigen Fragerei „Was macht RUDY?“.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich immer unterstützt haben und auf gemeinsame Abende und Wochenenden verzichten mussten. Meiner Freundin Steffi gilt zu guter Letzt ein ganz besonders herzlicher Dank. Neben zahlreichen Korrekturen und inhaltlichen Anregungen, war ihr endloses Verständnis und ihre unermüdliche moralische Aufbauarbeit besonders wichtig. Ich freue mich auf unseren gemeinsamen Weg.

Frankfurt, im Dezember 2008

Dirk Wittowsky

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage.....	1
1.2	Zielsetzung.....	4
1.3	Forschungsansatz und Aufbau der Arbeit.....	5
2	Anwendungsorientierte Grundlagen der Verkehrstelematik	7
2.1	Ausgangslage.....	7
2.2	Einfluss von Informationen.....	8
2.3	Stand der Technik von IuK-Technologien.....	10
2.3.1	Definition.....	10
2.3.2	Fahrplanauskunftssysteme.....	11
2.3.3	Angebotsoptimierung.....	13
2.4	Innovation in der Region Ulm – das Projekt RUDY.....	14
3	Entscheidungsprozesse und Verhaltensänderungen – methodische Grundlagen	17
3.1	Methoden der Modellierung.....	17
3.1.1	Verfahren der Verkehrsnachfragemodellierung.....	17
3.1.2	Entscheidungsprozesse und Verhaltensänderungen.....	19
3.1.3	Diskrete Entscheidungsmodelle in der Mobilitätsforschung.....	22
3.1.4	Handlungstheorien und einstellungsorientierte Ansätze.....	26
3.2	Messinstrumente.....	31
3.3	Modelle zur Beschreibung der Einflüsse von Informationen auf das Verkehrsverhalten.....	36
3.4	Befunde zur Wirkung von Informationssystemen.....	38
3.5	Implikationen für die Modellspezifikation.....	41
4	Entwicklung eines Messinstrumentes	43
4.1	Evaluationsansatz.....	43
4.2	Konzeption und Struktur der Planspielerhebung.....	44
4.3	Technisches Konzept und Konfiguration der Planspielsimulation.....	46
4.3.1	Technisches Konzept.....	46
4.3.2	Terminplanung.....	47
4.3.3	Verkehrsmittelalternativen.....	47
4.3.4	Ereignisbedingte Störungen und Motivationsmodell.....	48
4.4	Beschreibung des Planspiels.....	48

4.5	Risikobetrachtung.....	53
4.6	Einstellungsorientiertes Messinstrument.....	54
5	Empirische Akzeptanzanalyse	56
5.1	Erhebungsmerkmale	56
5.2	Allgemeine Mobilitätsindikatoren.....	58
5.3	Nutzungsanalyse dynamischer Informationsdienste	60
5.3.1	Fahrplanauskunftssysteme.....	60
5.3.2	Ereignisorientierte Informationsdienste	63
5.3.3	Einfluss von Informationen auf den Modal-Split	64
5.4	Einstellungsorientierung und Nutzerakzeptanz	67
5.5	Planspielverhalten versus realisiertes Verhalten.....	69
6	Entwicklung eines mikroskopischen Wirkungsmodells für Informationsdienste	70
6.1	Vorüberlegungen.....	70
6.2	Modellstruktur.....	71
6.3	Modellgrundlagen.....	74
6.4	Modul Verhaltenspräferenz	75
6.5	Modul ereignisorientierter Informationsdienst	83
6.5.1	Abonnement	83
6.5.2	Regelbasiertes Steuersystem.....	85
6.5.3	Zusatzinformation	87
6.6	Modul Informationsmedium.....	88
6.7	Modul Verkehrsmittelwahl	91
6.8	Modellkalibrierung	94
6.8.1	Datengrundlage	94
6.8.2	Parameterschätzungen.....	94
6.9	Modellevaluierung	101
7	Anwendungsfall in der Region Ulm.....	104
7.1	Modellspezifikation	104
7.1.1	Vorstellung des Modellgebiets.....	104
7.1.2	Aufbau des Simulationsmodells.....	105
7.1.3	Integration des Nutzerakzeptanzmodells.....	107
7.1.4	Umsetzung der Szenarien	108
7.2	Modellvalidierung	109
7.3	Analyse der Simulation.....	111
7.3.1	Systematik	111

7.3.2	Informations- und Verkehrsmittelwahl	113
7.3.3	Sensitivitätsanalyse	119
8	Fazit und Ausblick.....	124
8.1	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	124
8.2	Praxisrelevanz und weiterer Forschungsbedarf.....	127
	Literaturverzeichnis	128
	Glossar	IV
	Abbildungsverzeichnis	IX
	Tabellenverzeichnis	XI

1 Einleitung

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) wird wie fast alle gesellschaftlichen Bereiche durch Entwicklungen beeinflusst, die existentielle Herausforderungen für die Zukunft darstellen: Demografischer Wandel, Finanzkürzungen, Globalisierung und Klimaschutz sind einige Beispiele für Anforderungen an die Planer der Mobilität von morgen. Im ÖPNV werden deshalb zunehmend verkehrstelematische Lösungen als planerische Maßnahme entwickelt und mit dem Ziel eingesetzt, Zugangsbarrieren zu verringern und Marktpotenziale für den öffentlichen Verkehr zu realisieren. Entscheidende Wirkungen werden vor allem von modernen Informations- und Kommunikationstechnologien (IuK-Technologien) erwartet, die das Verhalten im Hinblick auf einen bewussten Umgang mit der Mobilität positiv beeinflussen [Rade03].

Allerdings verhindert ein hoher Investitionsbedarf in Zeiten von knappen öffentlichen Kassen, die Auswirkungen informationstechnischer Maßnahmen in aufwändigen Feldversuchen zu erproben und ihre Marktwirksamkeit mit klassischen Evaluierungsmethoden nachzuweisen. Immer komplexere Maßnahmenbündel und lange Adaptionszeiten der Nutzer machen geeignete Werkzeuge notwendig, mit denen Wirkungspotenziale im Vorfeld abgeschätzt werden können. Daher müssen verkehrstelematische Wirkungsparameter definiert und in bestehende Entscheidungsmodelle integriert werden, um bereits in einer frühen Planungsphase Auswirkungen und Risiken prognostisch beurteilen zu können. Instrumente, die eine solchermaßen feine und differenzierte Aussage liefern könnten, existieren für den heutigen ÖPNV-Markt nicht.

1.1 Ausgangslage

Die Rahmenbedingungen im ÖPNV werden zunehmend schwieriger und perspektivische Unsicherheiten stellen bisherige Angebote und Strukturen in Frage. Nicht nur sinkende Zuschüsse der öffentlichen Hand und steigender Wettbewerbsdruck, sondern auch disperse Verkehrsströme und der demografische Wandel bereiten dem ÖPNV erhebliche Probleme. Viele wissenschaftliche Studien (vgl. Shell [Shel04], Voyager [Voya05], ifmo [ifmo05], FOPS [Fops06], acatec [acat06] oder Delphi [Delp06]) haben sich intensiv mit den verkehrlichen Auswirkungen und den sich daraus ergebenden Konsequenzen für den ÖPNV beschäftigt, so dass eine günstige Ausgangsbasis vorhanden ist, um sich bevorstehenden Herausforderungen zu stellen und mit Hilfe strategischer Handlungsansätze möglichst frühzeitig zu agieren.

Die langfristige Veränderung der Mobilitätsnachfrage im öffentlichen Nahverkehr wird in der Wissenschaft seit einiger Zeit kontrovers diskutiert (vgl. CHLOND et al. [ChSo03], SOMMER

[Somm05] oder FICHERT [Fich05]). Insbesondere die Entwicklung von ÖPNV-Zwangskunden (*captive rider*) tritt in den Mittelpunkt der Überlegungen. So wird der Anteil junger Menschen unter 20 Jahren an der Gesamtbevölkerung von 20 % auf etwa 15 % im Jahr 2050 absinken¹. Mit dem Rückgang des Schülerverkehrs verliert insbesondere der öffentliche Verkehr im ländlichen Raum eine wichtige Finanzierungsgrundlage. Ausgehend von einem Seniorenanteil der 65-Jährigen und Älteren von 19 % im Jahr 2005 wird ihr Anteil an der Gesamtbevölkerung auf 23 % im Jahr 2020 und 33 % im Jahr 2050 ansteigen. Dieses für den ÖPNV bedeutende Marktsegment wird also kontinuierlich wachsen. Jedoch rechnet man in Zukunft mit einer Seniorengeneration, die mit dem Führerschein und dem Pkw aufgewachsen ist. Traditionell wahrgenommene Eigenschaften des MIV, wie Schnelligkeit und Flexibilität prägen die Mobilitätsbiografie dieser Personengruppe [ChWi03]. Die Anzahl der wahlfreien Kundenschichten, die neben dem ÖPNV alternative Verkehrsmittel zur Verfügung haben, wird sich vergrößern. Bei der Verkehrsmittelwahl werden die Entscheidungen weniger habitualisiert, sondern stärker an den Bedürfnissen orientiert getroffen [Romm06]. Den Hintergrund für multimodales Verhalten bilden in vielen Fällen Abwägungsprozesse hin zu einem optimierten Verkehrsmittelmix, in denen trotz Pkw-Verfügbarkeit für bestimmte Situationen die Wahl des ÖPNV als zweckmäßiger eingestuft wird [Fops05].

Aufgrund der demografischen Einflüsse unterliegen die Altersstruktur der Bevölkerung in Deutschland und demzufolge auch die Zusammensetzung der (potenziellen) Kunden des ÖPNV einem starken, aber vergleichsweise trägem Veränderungsprozess. ZUMKELLER [Zumk04], HUBER [Hube05] und TOPP [Topp06] weisen darauf hin, dass sich die Wirkungen räumlich heterogen verteilen und Wachstums-, Schrumpfungs- und Stagnationsregionen nebeneinander liegen werden. Die Veränderung traditioneller Nachfragepotenziale im ÖPNV durch demografische Entwicklungen wird vor allem innovative Konzepte in den ländlichen Regionen erfordern. Hier werden die größten Herausforderungen erwartet, da Nachfragestrukturen mit einer zunehmend geringeren Bündelungsfähigkeit entstehen werden [ZuVa06]. Einerseits könnten in Zukunft auf der Nachfrageseite wahlfreie Kunden durch moderne Informationstechnologie gewonnen und gebunden werden. Andererseits könnten auf der Angebotsseite kostengünstigere flexible Bedienformen attraktiver gestaltet werden (KÖHLER et al. [KoAp06]). Überlagert wird diese notwendige Phase der Neuorientierung von der angespannten finanziellen Situation. Kürzungen und Wegfall bestehender ÖPNV-

¹ Siehe <http://www.destatis.de> (Mittelwert der Varianten „untere Grenze und obere Grenze der mittleren Bevölkerung“, 11. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Statistisches Bundesamt 2006).

Förderinstrumente² führen zwangsläufig zu Diskussionen über Einschränkungen im Angebot [BoPe06][Topp06a].

Der Förderschwerpunkt „Personennahverkehr (PNV) für die Region“ des BMBF³ sieht den Einsatz der Verkehrstelematik als Schlüsseltechnologie, mit deren Hilfe das Angebotsspektrum verbessert sowie innovative Mobilitätsangebote und -dienstleistungen etabliert werden können. Vor allem in ländlichen Regionen gilt der praxisgerechte und pragmatische Einsatz von IuK-Technologien als Hoffnungsträger für ein finanzierbares Angebot [PNVR04].

Der Grad der Informiertheit des Kunden wird häufig als limitierender Faktor bei der Mobilitätsplanung und Durchführung von Fahrten mit Bus und Bahn hervorgehoben. Unwissenheit oder fehlendes Bewusstsein können für das Individuum zu suboptimalen Mobilitätsentscheidungen führen. Fahrplaninformationen bilden das Fundament zur Nutzung eines linien- und fahrplanabhängigen Verkehrssystems und sollen den Kunden auf das entsprechende Angebot aufmerksam machen. LYONS [Lyon98] sieht die Vorteile für den Nutzer darin, dass Fahrten im Vorfeld effizienter geplant und Entscheidungsprozesse unterstützt bzw. erleichtert werden. Der Einsatz hochwertiger Informationssysteme erhöht die Planungssicherheit und soll die Gewohnheit der Verkehrsteilnehmer entscheidend in Richtung ÖV-Nutzung beeinflussen.

Viele Projekte in den letzten Jahren waren von technischen Innovationen geprägt und in der Regel erfolgte im Vorfeld keine exakte Abschätzung der Wirkungspotenziale. Ungeachtet vieler Hoffnungen und theoretischer Überlegungen zu möglichen Wirkungen weisen ABAY et al. [AbMe03] und MOLIN et al. [MoCh03] darauf hin, dass bislang kaum gesicherte Aussagen über Verhaltensänderungen bzw. Umsteigepotenziale zum ÖPNV durch informationstechnische Maßnahmen existieren.

Aus heutiger Sicht muss konstatiert werden, dass bislang die Hoffnung, ÖPNV-Anteile am Modal-Split durch verkehrstelematische Maßnahmen (VT-Maßnahmen) zu erhöhen, gemessen an den ursprünglichen Erwartungshaltungen enttäuscht wurde. Der wissenschaftliche Beirat des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen⁴ fordert daher in seiner Stellungnahme, dass Entscheidungsprozesse im Verkehrsverhalten unter dem Einfluss von Informationen und die Akzeptanz von Empfehlungen in Forschungsfeldern akzentuiert werden. Daneben müssen auch Planungswerkzeuge relevante Wirkungsmechanismen für

² U.a. Regionalisierungsmittel (RegG), Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG), Ausgleichszahlungen für Ausbildungsverkehre und für die Beförderung von Schwerbehinderten gemäß Personenbeförderungsgesetz (PBefG), Querverbundfinanzierung und Fahrzeugförderungen durch Bund und Länder.

³ Bundesministerium für Bildung und Forschung.

⁴ Heutiges Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen und Stadtentwicklung.

VT-Maßnahmen berücksichtigen [WiBe03].

1.2 Zielsetzung

Viele Entscheidungsträger bei Verkehrsunternehmen müssen beurteilen, ob verfügbare Technologien zur Verbesserung des Betriebsablaufs, zur Steigerung der Kundenzufriedenheit oder zur Gewinnung neuer Fahrgäste beitragen. Einer Investition in dynamische Informationsdienste stehen beispielsweise Komfortverbesserungen beim Fahrzeug oder Marketingkampagnen gegenüber. Die wenigen beobachtbaren Effekte in der Praxis skizzieren jedoch ein äußerst heterogenes Wirkungsbild und Erfahrungswerte liegen gegenwärtig nicht in ausreichendem Maße vor, so dass die Auswirkungen der Systeme auf das Verkehrsverhalten unklar sind. Oftmals neigt man dazu, vereinfachte Hypothesen über Verhaltensänderungen anzusetzen. Dies ist jedoch nicht angemessen, da gerade Fahrplanauskunftssysteme, z.B. durch individualisierte Informationen, einen für das Verkehrsunternehmen positiven Effekt auslösen. Hinzu kommt, dass viele Maßnahmen oftmals in ein Maßnahmenbündel eingebettet sind und Einflüsse sich gegenseitig überlagern.

Damit stellt sich die Frage, warum bisher Simulationsmodelle im Vorfeld nicht häufiger eingesetzt wurden, um Wirkungspotenziale zu prognostizieren und unternehmerische Risiken hinsichtlich Investitionen in neue Technologien zu reduzieren. Die Antwort dürfte sowohl in dem Mangel an geeigneten Werkzeugen liegen als auch in dem Fehlen einer geeigneten Datengrundlage, auf deren Basis sich entsprechende Modelle kalibrieren lassen.

Der Einsatz von Telematiksystemen hat somit Rückwirkungen auf die Planungsaufgaben und es besteht zumindest die Notwendigkeit, sich mit der Nutzerakzeptanz und den Wirkungspotenzialen auf das Verkehrsverhalten zu beschäftigen. Fundierte Prognosen über die Wirksamkeit informationstechnischer Maßnahmen sind für strategische Entscheidungen eine unverzichtbare Voraussetzung. Ein zentraler Aspekt der Verkehrsplanung ist die Simulation und Prognose von Verkehrsentwicklungen mit Hilfe modellgestützter Berechnungen. Die Beeinflussung des Mobilitätsverhaltens durch Fahrplaninformationen stellt daher die Verkehrsforschung vor die Aufgabe, Modelle zu entwickeln, die Wirkungseffekte von Informationstechnologien berücksichtigen. Die Erweiterung der Modellansätze erfordert allerdings erweiterte Befragungstechniken, die valide Grundlagendaten über das durch Informationen und Empfehlungen geprägte Mobilitätsverhalten erheben. Das Ziel derartiger Modellrechnungen ist es zu belegen, ob die Wirkungen einer Maßnahme in die gewünschte Richtung gehen, ob sich unerwünschte Nebeneffekte zeigen und nicht zuletzt ob die Intensität der Wirkung den notwendigen Investitionsbedarf rechtfertigt.

1.3 Forschungsansatz und Aufbau der Arbeit

Im öffentlichen Nahverkehr werden zunehmend IuK-Technologien zur Integration innovativer Mobilitätsdienste und zur Verbesserung des Angebotes eingesetzt, ohne dass die Akzeptanz und die Auswirkungen derselben auf das Verkehrsverhalten in der notwendigen Detaillierung bekannt sind. Die Überlegung führt zur Arbeitshypothese, die im Rahmen dieser Arbeit wesentlich ist und untersucht werden wird:

- Dynamische Fahrplaninformationssysteme können Wahlentscheidungen zu Gunsten des ÖPNV beeinflussen.

Mit Hilfe der in dieser Arbeit entwickelten Methode sollen grundsätzlich die Akzeptanz und die Wirkungen von IT-Maßnahmen auf die Verkehrsnachfrage quantitativ abgeschätzt werden können, wobei der in diesem Rahmen erforderliche Investitionseinsatz kalkulierbar bleiben soll. Das Ziel besteht darin, die Verhaltensreaktionen von Nutzern auf verbesserte Auskunftssysteme zu untersuchen und die relevanten Entscheidungsprozesse in einem Modell abzubilden. Da nur wenige empirische Daten für die Analyse von Wirkungszusammenhängen und die Kalibrierung entsprechender informationssensitiver Modelle zur Verfügung stehen, wird eine neue Form der Befragung zur Gewinnung prospektiver Daten umgesetzt und daraus ein mikroskopisches Modell entwickelt. Der methodische Ansatz ist in Abbildung 1 illustriert.

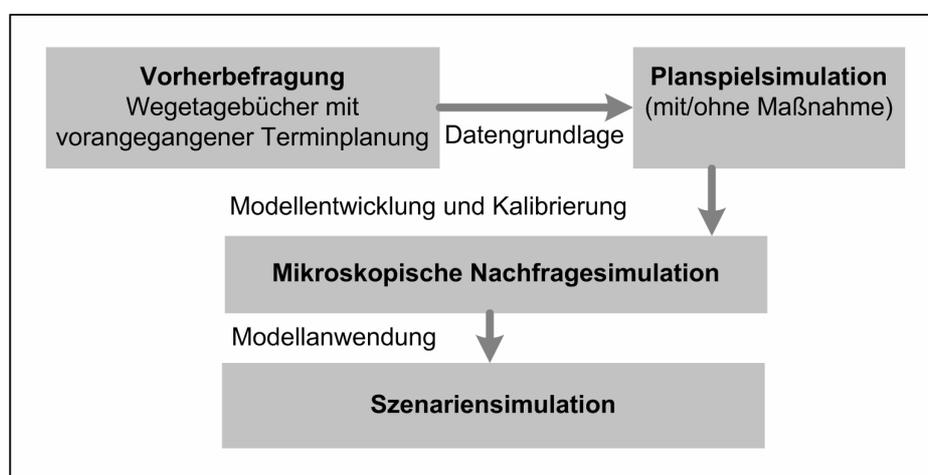


Abbildung 1: Lösungsansatz

Mit Hilfe einer innovativen empirischen Befragungstechnik wurde innerhalb des Forschungsprojektes RUDY⁵ die Datengrundlage für die mathematische Modellierung der Effekte von Informationssystemen auf die Nachfrage von ÖPNV-Angeboten geschaffen. Ausgangspunkt

⁵ Regionale Unternehmensübergreifende Dynamisierung von Fahrplaninformationen, Buchung und Betrieb im öffentlichen Personennahverkehr (siehe <http://www.rudyulm.de>).

war eine Befragung zur Messung von Planungs- und Entscheidungsprozessen im Mobilitätsverhalten über einen Zeitraum von zwei Wochen. Die darauf basierende interaktive Planspielsimulation, mit der Einflussfaktoren und Verhaltensreaktionen mit und ohne informationstechnische Maßnahmen abgeleitet wurden, lieferte wiederum die Datengrundlage für die Modellentwicklung. Neben der Nutzerakzeptanz von dynamischen Informationsdiensten waren die Wirkungen von statischen und dynamischen Fahrplanauskunftssystemen auf das Verkehrsverhalten wesentlicher Bestandteil der Modellanwendung.

Abbildung 2 veranschaulicht den Aufbau der in acht Kapiteln untergliederten Arbeit. Zunächst wird im Vorfeld eine Literatur- und Methodenrecherche durchgeführt und in den Kapiteln 2 und 3 der aktuelle Stand der Forschung und die theoretische Grundlage dieser Untersuchung dokumentiert. Im Anschluss daran werden in Kapitel 4 die Entwicklung des Messinstrumentes für luK-Technologien und das Erhebungskonzept beschrieben, bevor die Ergebnisse der Datenanalyse in Kapitel 5 vorgestellt werden. Kapitel 6 kehrt inhaltlich auf die vorherigen Kapitel als Ausgangspunkt für die Entwicklung des Wirkungsmodells zurück und stellt die Module im Einzelnen vor. Die Anwendung des Modells innerhalb eines Verkehrsplanungsinstrumentes und die Effekte von Auskunftssystemen werden am Beispiel der Region Ulm in Kapitel 7 aufgezeigt. In Kapitel 8 folgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse sowie die Diskussion über Einsatzmöglichkeiten und weitere Forschungsansätze.

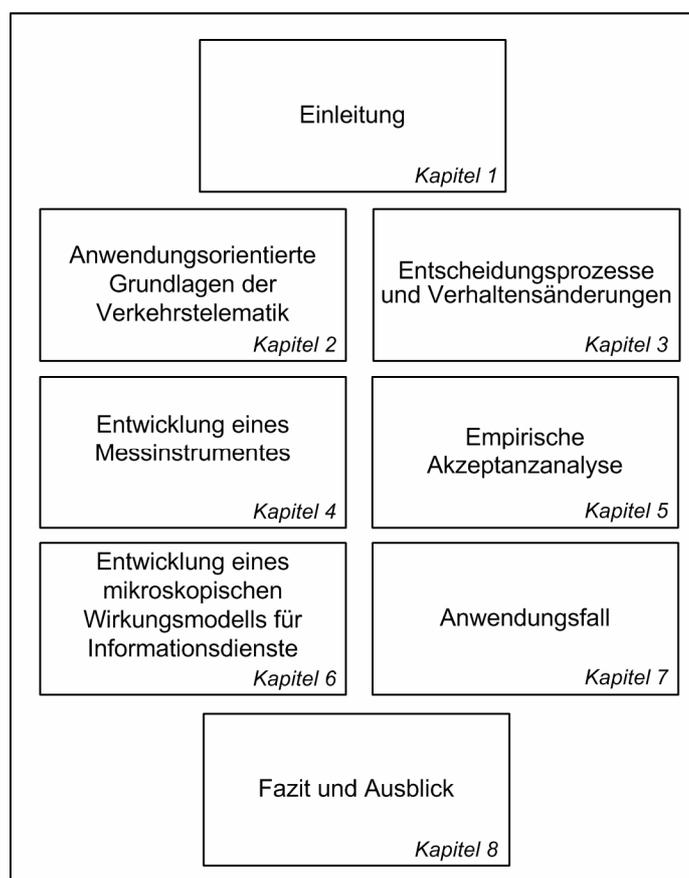


Abbildung 2: Gliederung der Arbeit

2 Anwendungsorientierte Grundlagen der Verkehrstelematik

Ende der siebziger Jahre wurde das Kunstwort Telematik als Synonym für ein modernes und zukunftsweisendes Konzept zur Überwindung von Verkehrsproblemen kreiert. Die praktische Anwendung eines solchen Konzeptes im Verkehrsbereich wird als Verkehrstelematik bezeichnet. In diesem Zusammenhang werden die Potenziale aus den Bereichen Telekommunikation und Informatik für die Entwicklung von Mobilitätsdienstleistungen und Betriebsoptimierungen nutzbar gemacht.

Nachfolgend werden für diese Arbeit prägnante Entwicklungs- und Anwendungsbereiche von IuK-Technologien vorgestellt.

2.1 Ausgangslage

Aufgrund der starken Entwicklungsdynamik technischer Systeme und kurzer Innovationszyklen bei der Bereitstellung von Endgeräten hat eine immer größer werdende Anzahl von Verkehrsteilnehmern die Möglichkeit, aktuelle Verkehrsinformationen raum- und zeitunabhängig abzurufen. Angetrieben durch die starke Konkurrenz des Autos im Hinblick auf dynamische Informationsdienste und Navigationssysteme, finden IT-Systeme inzwischen verstärkt auch im ÖPNV Anwendung. Allerdings nutzt der öffentliche Nahverkehr das Potenzial innovativer Auskunftssysteme bislang nur partiell. Noch müssen z. B. dynamische Informationen entweder aktiv über Internetverbindungen oder unkomfortabel über mobile Endgeräte wie Handy bzw. PDA (*Personal Digital Assistant*) abgefragt werden. Prinzipiell sind öffentliche Verkehrsunternehmen aber bereit, über moderne Informationsmedien aktuelle Fahrplanlagen oder Verspätungen direkt an den Kunden weiterzugeben.

Die Mobilitäts- oder Verkehrsdienstleistung wird nach MEFFERT et al. [MeBr03] als selbständige, marktfähige Leistung definiert, die mit der Bereitstellung und/oder dem Einsatz von Leistungsfähigkeiten zur Überwindung von Distanzen verbunden ist. Im Mittelpunkt einer Mobilitätsdienstleistung steht die Kundenorientierung. Mobilitätsdienstleistungen sind IV-orientiert, ÖV-orientiert oder intermodal und umfassen die Prozesse der Information, der Organisation und des Transportes [Funk06]. Moderne und komfortable öffentliche Mobilitätsangebote wie z. B. flexible Bedienformen orientieren sich an den Kundenbedürfnissen und stellen hohe Anforderungen an IuK-Technologien, die als Bindeglied zwischen Verkehrsträger und Verkehrsteilnehmer fungieren. BOLTZE et al. [Bolt02] definieren Informationen generell als verhaltensbeeinflussende Faktoren, was Wahlentscheidungen bezüglich Mobilitätsdienstleistungen betrifft. Die Informationsdienstleistung setzt sich aus der Beschaffung, Aufberei-

tung und Weitergabe von Daten zur Befriedigung aktueller Informationsbedürfnisse zusammen.

2.2 Einfluss von Informationen

In einem an Fahr- und Linienplänen orientierten Verkehrssystem spielen Erfahrungen, Wissen und Informiertheit des Kunden eine bedeutende Rolle. Daher versucht der öffentliche Nahverkehr die Attraktivität des Angebots zunehmend auch durch so genannte weiche Maßnahmen (*soft facts*), wie Echtzeitinformationen und individuelle Informationsdienste, zu verbessern und bestehende Zugangsbarrieren zu reduzieren. Informationen⁶ werden allgemein als aktuell vorhandenes, nutzbares Wissen verstanden, die beim Nutzer ein bestimmtes Verhalten bewirken [Wiki08]. Die Fahrplaninformation soll den Kunden zunächst auf ein entsprechendes Angebot aufmerksam machen. Das Ziel besteht darin, die Kundenzufriedenheit und die Kundenbindung zu erhöhen bzw. die Akquisition von Neukunden zu lancieren.

Allerdings sind bei der Wahl des Verkehrsmittels nicht immer alle Alternativen und deren Angebotsparameter (z. B. Fahrzeit oder Kosten) bekannt. Das Fehlen von geeigneten Informationen baut eine Barriere auf und verursacht beim (potenziellen) Fahrgast ein Konglomerat aus Wissen, Vermutungen, Unsicherheit und Berührungsangst [HeKo94]. Nach PRIEWASSER und HÖFLER [PrHo00] weist die Anwendung von weichen Faktoren große Erfolgspotenziale auf. Mangelnde Informiertheit, subjektive Einschätzungen und Effekte des Gewohnheitshandelns sind die wesentlichen Hinderungsgründe, warum öffentliche Verkehrsmittel nicht genutzt werden. Im ÖPNV existieren zudem erhebliche Diskrepanzen zwischen der objektiv (direkt messbare Größe) und der subjektiv wahrgenommenen Reisezeit. So ergab eine in Nürnberg durchgeführte Erhebung, dass die tatsächliche Reisezeit im ÖPNV um fast 50 % überschätzt wurde, während die Reisezeit mit dem Pkw um 30 % unterschätzt wurde [Klod04].

Fahrgastinformationen besitzen das Potenzial, unvollständiges oder nicht vorhandenes Wissen zu kompensieren, um die individuelle Mobilität verlässlich zu planen. Verfügbare Alternativen können vor dem Hintergrund einer optimierten Ausschöpfung des eigenen Kosten- und Zeitbudgets bei der Verkehrsmittelwahl effektiver berücksichtigt werden. CHORUS und MOLIN [MoCh03] definieren drei Rollen, die der Fahrgast bei einem modalen Entscheidungsprozess mit Hilfe von Informationen durchläuft.

⁶ Lat. *informare* = bilden.

Zunächst kann in der *signalling role* das Bewusstsein für die Wahlentscheidung erweitert werden, indem bislang nicht bekannte Alternativen für die Fahrt präsent werden. Im zweiten Zustand, der *presenting role*, kann die Wahlentscheidung durch detaillierte Informationen über die Alternativen weiter abgesichert werden. Abschließend kann in der *interpreting role* der Entscheidungsprozess bezüglich der Verkehrsmittelwahl vereinfacht werden, indem persönliche Präferenzen des Nutzers berücksichtigt werden.

Der Aufwand der Informationsbeschaffung wird zumeist höher eingeschätzt als der erwartete Nutzen. Nach LYONS et al. [KeLy03] und MOLIN et al. [MoCh04] liegt eine mögliche Erklärung darin, dass die Informationsdienste heutzutage mit Funktionalitäten ausgestattet sind, die diesbezüglich noch unzureichend sind, d. h. sie können sich nur auf monomodale Informationen und räumlich begrenzte Ausschnitte stützen. Personen setzen daher auf Erfahrungen und Gewohnheiten, um mit einem geringen Organisationsaufwand Alltagsroutinen zu bewältigen.

Je öfter das Verkehrssystem frequentiert wird, umso vertrauter und sicherer wird der Umgang mit dem Angebot. Hauptsächlich sind demzufolge Informationen über unvorhergesehene Abweichungen und Störungsfälle relevant. Dies bestätigen WEIDMANN et al. [WeLu06] für den städtischen Nahverkehr, bei dem kein Zusammenhang zwischen Fahrplanzeiten und Ankunft der Fahrgäste an der Haltestelle festzustellen ist. Mit abnehmender Taktzeit orientieren sich die Kunden weniger am Fahrplan, sondern eine beträchtliche Anzahl der Fahrgäste erreicht ungeplant oder zufällig die Haltestelle.

Aber nicht allein die Technologie ist für den Erfolg von Auskunftssystemen verantwortlich, sondern einen entscheidenden Erfolgsfaktor mit vielen Facetten stellt die Nutzerakzeptanz des Kunden dar. HEINZE und KOEPCHEN [HeKo94] stellen die Frage, ob mehr Informationen wirklich die Lösung für den Abbau der vorhandenen Defizite sind oder die Aufnahmekapazität des Kunden dadurch nicht eher überstrapaziert wird (*Informations-Overkill*), so dass dieser die Orientierung im ÖV-System verliert. Die Autoren konstatieren, dass die Wahrnehmungsstruktur der Kunden gezielt in die Informationsaufbereitung aufgenommen werden muss (*Cognitive Engineering*).

Das enge Zusammenwachsen von physischer Mobilität und moderner Technik forciert aber nicht nur optimierte Betriebsabläufe und verbesserte Informations- und Kommunikationsmöglichkeiten, sondern initiiert durch Trendentwicklungen zunehmend Spannungsfelder zwischen Mensch und Technik. Der Komfortgewinn durch viele innovative Technologien ist unbestritten, doch für die Zukunft ist eine humanzentrierte Technologieentwicklung erfolgversprechender, in der wieder die Begreifbarkeit und die Bedürfnisse der Nutzer stärker im Vordergrund stehen als technische Machbarkeiten. Die Bereitstellung eines Maximums an In-

formationen auf einer Vielzahl unterschiedlicher Plattformen, ausschließlich weil sie technisch möglich sind, darf nicht zum Selbstzweck werden [Horx06].

2.3 Stand der Technik von IuK-Technologien

2.3.1 Definition

KELLER et al. [Arge01] definieren die Verkehrstelematik als einen Sammelbegriff für die Erfassung, Übermittlung, Verarbeitung und Nutzung verkehrsbezogener Informationen mit dem Ziel, verkehrliche Prozesse zu organisieren und zu lenken. Sie umfasst Anwendungen von Datenverarbeitungs- und Telekommunikationstechniken für die Betreiber und Nutzer von Verkehrsmitteln. Durch die Vernetzung von Einzelkomponenten zu einem Gesamtlösungskonzept sollen der Komfort für den Verkehrsteilnehmer vergrößert und gleichzeitig verkehrsbedingte Umweltbelastungen verringert werden.

Telematik- und Informationssysteme werden im MIV eingesetzt, um Verkehrsströme optimal zu steuern und zeitnah Strategien einzuleiten. Das Ziel besteht darin, durch einen geregelten Verkehrsablauf den Verkehrsfluss zu stabilisieren und die Verkehrssicherheit zu erhöhen. Für den Verkehrsteilnehmer steht zumeist die Verkürzung der Reisezeit im Vordergrund. Im ÖV werden IuK-Technologien eingesetzt, um den Betriebsablauf zu optimieren und den Kunden zu informieren. Letztendlich versucht man allerdings in beiden Verkehrssystemen, mittels Informationen Entscheidungsprozesse des Verkehrsteilnehmers situativ zu beeinflussen und bei diesem erwünschte (oder unerwünschte) Verhaltensreaktionen auszulösen.

Schon zu Beginn der 70er Jahre wurden im ÖPNV erste IuK-Technologien in Form von rechnergestützten Betriebsleitsystemen (RBL/ITCS) und Reiseinformationssystemen (RIS) eingesetzt. Zunächst stand im öffentlichen Nahverkehr die Qualitätsverbesserung des Verkehrs- und Betriebsablaufs im Vordergrund. Durch eine effiziente Disposition der Fahrzeuge sollte eine verbesserte Auslastung der Verkehrsinfrastruktur mit minimalem Energieverbrauch erreicht werden. Erste bedeutende Maßnahmen zur Reduzierung der objektiven Reisezeiten und Minimierung von Zeitverlusten bestanden darin, Busse und Bahnen mit Hilfe von Lichtsignalsteuergeräten und Busschleusen wechselseitig kommunizieren zu lassen [VDV01].

Seit Ende der 90er Jahre wird vermehrt der Fahrgast und damit ein kundenorientiertes Angebot in den Vordergrund gestellt, um den Anforderungen der heutigen Gesellschaft und veränderten Mobilitätsbedürfnissen zu entsprechen. Versäumnisse im ÖPNV bei der Entwicklung von Technologien sind auch auf Unsicherheiten bezüglich der Wirkungen von VT-Maßnahmen und eine konservative Kundeninformationspolitik zurückzuführen. Mit der Jahr-

hundertwende wurden aus technischen Einzellösungen zunehmend vernetzte Systeme. Dynamische Fahrplaninformationen (DFI) werden mittlerweile von vielen Verkehrsunternehmen angeboten und bilden einen wichtigen Baustein des Mobilitätsmanagements. Technische Spezifikationen zu echtzeitbasierten Fahrplanauskünften sowie ihre Anwendung in der Praxis können den Dokumentationen der entsprechenden Anbieter (z. B. Hacon⁷, Init⁸ oder Mentz⁹) entnommen werden.

Verkehrstelematik kann nicht die Lösung aller Verkehrsprobleme sein, aber sie bildet die Grundlage für die ökonomische und ökologische Optimierung des Gesamtverkehrs. Die Telematik stellt lediglich Technologiesysteme zur Verfügung, mit denen eine höhere Kundenorientierung und effektivere Nutzung der vorhandenen Ressourcen erreicht werden kann [WiBe03][BVBS06].

2.3.2 Fahrplanauskunftssysteme

Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit öffentlicher Verkehrsangebote haben einen großen Einfluss darauf, ob der Kunde dieselben akzeptiert und mit ihnen zufrieden ist oder nicht. Vermehrt werden daher nicht nur Linienpläne und Fahrplanbücher herausgegeben, sondern es lassen sich darüber hinaus über das Internet Verbindungen adressscharf abfragen. Ergänzende Informationen mit ständig aktualisierten Daten – so genannte dynamische Auskunftsdienste – sollen das Angebot attraktiver machen und die Kunden an das Verkehrsunternehmen binden oder, soweit als möglich weitere Kunden hinzugewinnen. KETTNER et al. [KeKo04] konstatieren, dass Fahrgäste der heutigen Informationsgesellschaft erwarten, aktuelle Informationen über die aktuelle Fahrplanlage mittels aller verfügbaren Medien jederzeit abrufen zu können. Die rapide Verbreitung des Internets und die Entwicklung von Endgeräten haben die Informationslandschaft im ÖPNV entsprechend revolutioniert. Ein Überblick über Informations- und Fahrplanauskunftssysteme findet sich bei FRANZEN [Fran00] und SCHMIDT [Schm04]. Einige dieser Systeme sowie ihre praktische Anwendung sollen im Folgenden kurz vorgestellt werden:

In Göteborg werden in dem Projekt *GoTic* seit 1986 Informationssysteme speziell im ÖPNV erforscht und praxisnah umgesetzt. Echtzeitinformationen über Verspätungen, Auslastungsgrade der Fahrzeuge, Fahrtausfälle und Haltestellensperrungen werden dem Fahrgast direkt über verschiedene Informationsmedien weitergegeben. Nach KABJÖRN [Kabj02] wird vom heutigen Verkehrsunternehmen erwartet, dass drei Minuten nach einer Störung detaillierte

⁷ Siehe <http://www.hacon.de>.

⁸ Siehe <http://www.init-ka.de>.

⁹ Siehe <http://www.mentzdvd.de>.

Informationen über den Grund und die Dauer der Störung an den Kunden weitergegeben werden.

Neben reinen Fahrplaninformationen an der Haltestelle werden vermehrt auch innovative Dienstleistungen wie Tracking-Systeme zur Überwachung von Fahrten und Push-Systeme zur Generierung automatischer Meldungen bei Verspätungen entwickelt. In einer Hightech-Offensive wurden Busse in der *San Francisco Bay Area* mit einer GPS-Technologie ausgestattet. Das *NextBus*-Informationssystem prognostiziert die Ankunftszeit der Busse an der Haltestelle, um Wartezeiten für den Kunden infolge unzuverlässiger Soll-Fahrplandaten zu minimieren. Die aktuelle Position der Busse im Verkehrsnetz wird durch die permanente automatische Standortverfolgung ermittelt und via Tracking-Monitor direkt an den Kunden weitergegeben [Schm02]. Vor allem in kritischen Situationen ist eine umfassende Information für eine positive Kundenzufriedenheit maßgeblich. Die Benachrichtigung über Unregelmäßigkeiten gegenüber dem Soll-Fahrplan liegt im Verantwortungsbereich des Dienstleisters und wird als Push-Technologie automatisch dem Kunden übermittelt. In dem BMBF-Projekt PIEPSER werden in Magdeburg personalisierte Fahrgastinformationen für Pendler im Abonnementverfahren via SMS und E-Mail dem Kunden im Störfall mitgeteilt und Handlungsalternativen empfohlen [HeHo03].

Um die Attraktivität im öffentlichen Verkehr zu erhöhen, ist ein wichtiger Aspekt der Aufbau einer flächendeckenden Fahrplanauskunft. Mit dem Projekt DELFI¹⁰ ist es gelungen, eine Technik zu etablieren, mit der eine durchgängige Verbindungsinformation auf Grundlage von eigenständigen dezentralen Systemen abgerufen werden kann. Lokale Zuständigkeiten für die Datenhaltung ermöglichen eine schnelle Aktualisierung und Verfügbarkeit dynamischer Informationen, die auch mit Komponenten aus dem Individualverkehr kombiniert werden können. Eine räumliche Ausweitung auf europaweite Fahrplaninformationen beinhaltet das Projekt EU-SPIRIT¹¹.

Die vorgestellten Informationssysteme verdeutlichen die von ALDER und BLUE [AIB98] dokumentierte Entwicklungsdynamik von IT-Systemen im öffentlichen Verkehr. Die erste Generation umfasst die elektronische Fahrplaninformation im Internet (*traveler information system* – TIS) und stellt den Sollfahrplan in neuen Kommunikationsmedien zur Verfügung. Die aktuellen Systeme der zweiten Generation, die *advanced traveler information systems* (ATIS), integrieren Echtzeitinformationen und erweiterte Mobilitätsdienstleistungen in die bestehenden Systeme. Mit der dritten Generation, welche als *intelligent traveler information system*

¹⁰ Siehe <http://www.delfi.de>.

¹¹ Siehe <http://www.eu-spirit.com>.

(ITIS) bezeichnet werden, werden zukünftig personalisierte Informationen auf Basis intelligenter Agententechnologien bereitgestellt.

Die meisten Entwicklungen basieren auf Ergebnissen von Forschungsprojekten. Dabei galt ein Projekt häufig schon dann als erfolgreich, wenn die Technologie in einem Demonstrator umgesetzt bzw. in Betrieb genommen werden konnte. Der Übergang vom geförderten Projekt zum Regelbetrieb endete oft in einem operativen Verlustgeschäft, so dass innovative Dienste nicht weiter angeboten werden können. Hier liegt der Kritikpunkt an vielen Verkehrstelematik-Projekten der Vergangenheit, in denen zu oft eine technozentrierte Ausrichtung ohne Wirkungsbetrachtungen verfolgt wurde. Allerdings hat sich die Forschungslandschaft in den letzten Jahren dahingehend entwickelt, dass die bislang vorherrschende Technikgläubigkeit durch moderne, kundenorientierte Ansätze abgelöst wurde.

2.3.3 Angebotsoptimierung

Vor dem Hintergrund wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Veränderungen wird die Modernisierung des öffentlichen Nahverkehrs als Schlüssel zur Mobilitätssicherung angesehen. Unter den veränderten Nachfragestrukturen und aufgrund individuell ausgeprägter Verhaltensmuster sind klassische ÖPNV-Angebote mitunter nicht mehr angemessen und müssen modifiziert werden [Voya05]. Wegen der abnehmenden Bündelungsfähigkeit der Verkehrsströme in ländlichen Räumen sinkt die Attraktivität der öffentlichen Nahverkehrsangebote, die auf starren Liniensystemen beruhen. Ziel ist es, ein ganztägiges Angebot in der Fläche zu sichern und gleichzeitig dem steigenden Kostendruck gerecht zu werden. KÖHLER et al. [KoAp06], TOPP [Topp06a] und FICHERT [Fich07] sind sich einig, dass der konventionelle Linienverkehr um flexible Angebote, die gesellschaftlich finanzierbar und für den Kunden attraktiv sind, erweitert werden muss. Die Herausforderung für die Zukunft im ÖPNV in ländlichen Räumen besteht darin, einen Verkehrsmittelmix aus Linien- und Flächenbedienung, flexiblen Bedarfsverkehren sowie organisierten Mitnahmesystemen, Bürgerbussen und Bringdiensten anzubieten. Ein entsprechendes Mobilitätsangebot kann nur mit Unterstützung von IuK-Technologien installiert werden [BeBu03].

Mit Hilfe von IuK-Technologien werden bewährte Ansätze optimiert und in ein tragfähiges Gesamtkonzept integriert. Vor allem in ländlichen Regionen wird auf Dauer nur dann in innovative Technologien investiert werden, wenn ein wirtschaftlicher Nutzen oder positiver Netzwerkeffekt zu erwarten ist [PNVR04]. Dies erfordert eine einheitliche Systemarchitektur und eine zentrale Koordination der Verkehrsunternehmen in den Regionen, um einen effizienten Einsatz der vorhandenen Ressourcen zu gewährleisten [Delp06].

Flexible Bedienformen, Anrufsammeltaxis oder Rufbusse sind keine neuen Angebotskonzepte und werden bereits seit den 80er Jahren¹² unter verschiedenen Bezeichnungen erforscht und eingesetzt. Die Charakterisierung der Angebote bezieht sich zumeist auf eine räumliche und zeitliche Flexibilität des Angebotes [Kirch83][Mehl01]. Einen Überblick über die Vielfalt von neuen Konzepten für differenzierte Angebotsformen gibt der Förderschwerpunkt „PNV Region“¹³ bei dem mehr als 20 flexible ÖPNV-Angebote in den Segmenten flexible System-, Ergänzungs-, Spät- und Wochenendverkehre sowie touristische Verkehre entwickelt wurden [PNVR04]. Detaillierte Erfahrungen mit flexiblen Bedienweisen während der Nachtstunden finden sich z. B. bei RODE et al. [Rode00].

Insbesondere die Problematik der demografischen Entwicklung im ländlichen Raum am Beispiel eines Richtungsband-Expressbusses schildert die Arbeit von APPEL [Appe07]. Innovative ÖPNV-Angebote aus den europäischen Nachbarstaaten und deren Finanzierungsmodelle sind in BÖHLER et al. [BoHe04] dargestellt.

Viele flexible Angebotsformen wurden nach der geförderten Projektlaufzeit wieder aufgegeben, da die Auslastungen und Einsparungseffekte die zum Teil hohen Erwartungen nicht erfüllten. Im Rahmen einer Literaturstudie hat SIEBER [Sieb02] die Wirtschaftlichkeit von 45 Projekten in Deutschland einander gegenübergestellt und dabei einen mittleren Kostendeckungsgrad von knapp über 30 % festgestellt. In Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen und Relationen konnte gegenüber der Bedienung mit Linienverkehren eine Kosteneinsparung von 15 % erreicht werden. Mit den organisatorischen und rechtlichen Bedingungen bei der Einführung von alternativen Bedienformen haben sich BARTH und DENNING [BaDe02] beschäftigt.

2.4 Innovation in der Region Ulm – das Projekt RUDY

Im Rahmen des BMBF-Projektes RUDY wurde für die Region Ulm ein Systemansatz für den öffentlichen Verkehr entwickelt, der die Belange der Betriebsoptimierung mit denen der Fahrgastinformation zusammenführt. Auf Basis moderner IuK-Technologien wurden das Angebotsspektrum des ÖPNV optimiert und Kundenbedürfnisse stärker berücksichtigt. Hierbei leisteten die Aktivitäten des Vorhabens wichtige Beiträge dazu, das regionale Informationsangebot zu verbessern, Anschluss- und Umsteigehindernisse zu reduzieren sowie technologische Barrieren im Hinblick auf betriebliche Kooperationen von ÖPNV-Betreibern zu ver-

¹² Erste Machbarkeitsstudie vom Bundesministerium für Forschung und Technologie (1974), Probebetrieb des ersten Rufbusses in Friedrichshafen (1978).

¹³ Siehe <http://www.pnvregion.de>.

mindern. Was die Versorgung der Fahrgäste mit Informationen betrifft, wurden die vorhandenen Defizite durch die Vernetzung bislang isolierter Auskunftssysteme beseitigt. Das vorhandene Angebot aus Bussen, Bahnen und Taxen wurde miteinander vernetzt, durch flexible Bedienformen mit differenzierten Qualitätsstufen erweitert und für den Kunden individueller gestaltet.

Durch die Zusammenführung linienbasierter und nachfrageorientierter Verkehre konnte im ländlichen Raum ein attraktives Angebot sichergestellt werden. Für die effiziente Disposition von nachfragegesteuerten Angeboten wurden georeferenzierte Funktionalitäten (z. B. Routingsysteme) in die RBL-Systeme integriert und mit Betriebssystemen von Taxiunternehmen gekoppelt. Das System ermöglicht für den Kunden eine große Kombinationsvielfalt aus Angeboten von Linien- und Flächenverkehren, die mit Hilfe von deutlich vereinfachten Zugangsmöglichkeiten zu dynamischen Auskunftssystemen erreicht wird. Das Fahrplanauskunftssystem berechnet mit Hilfe einer Suchcontrollertechnik über Schnittstellen eine individuelle und komplett dynamische Verbindungsauskunft, in der flexible nachfragegesteuerte Flächenverkehre dargestellt und zur Buchung angeboten werden. Im Gegensatz zum derzeitigen Stand von Online-Buchungsverfahren flexibler Bedienformen findet die Online-Kapazitätsprüfung unter Verwendung der betreiberseitigen automatischen Dispositionssysteme statt.

Das Spektrum der entwickelten und umgesetzten verkehrstelematischen Anwendungen basiert auf einer hochkommunikativen Vernetzung von Auskunftssystemen. Neben Echtzeitinformationen der aktuellen Betriebslage im Internet und an zentralen Haltestellen wurden Pendler- und Reisendeninformationsdienste (PID/RID-Dienst) entwickelt, die sich im Falle von Verspätungen oder Ausfällen automatisch (Push-Technologie) beim Fahrgast melden und die Informationsbeschaffung bequemer gestalten.

Der in dem Projekt RUDY verfolgte Lösungsweg bestand in dem Aufbau eines durchgängig¹⁴ onlinefähigen Systems, das ohne direkten Personaleinsatz mit geringer Vorlaufzeit für den Kunden die optimale Wegekette und Fahrtalternative unter Einbezug flexibler Bedienformen errechnet, dem Kunden freie Plätze zur Buchung anbietet und gleichzeitig für den Betreiber die zurückgelegten Wege minimiert. Hierbei ermöglicht die technologische Gesamtsystemarchitektur vielgestaltige neuartige Kooperationsformen zwischen dem klassischen ÖPNV und Betreibern von Flächenverkehren.

¹⁴ Von der Information über die Buchung und Disposition bis zur Fahrzeugortung von flexiblen Bedienformen.

Für detaillierte Informationen zur technischen Realisierung des Projektes und zu den Ergebnissen des Pilotversuches wird auf die Fachliteratur verwiesen (vgl. RUDY-Schlussbericht [Rudy06a][Henn06]).

3 Entscheidungsprozesse und Verhaltensänderungen – methodische Grundlagen

Informationstechnische Maßnahmen sollen die Wahrnehmung und Bewertung von Wahlalternativen seitens des Nutzers beeinflussen. Für die Abbildung dieser Prozesse sind geeignete Entscheidungs- und Akzeptanzmodelle unter Berücksichtigung von Komponenten der Verkehrstelematik zu entwickeln.

In diesem Kapitel wird ein Überblick über die methodischen Grundlagen zur Untersuchung der Fragestellung geschaffen. Zunächst werden Verfahren der Verkehrsnachfragemodellierung sowie, im Hinblick auf die Entwicklung des vorgestellten Modells, angewandte, relevante ökonomische und sozialwissenschaftliche Theorien erläutert. Anschließend werden Messinstrumente zur Erfassung von Telematikeinflüssen vorgestellt und Befunde einzelner Wirkungsbetrachtungen zusammengetragen.

3.1 Methoden der Modellierung

3.1.1 Verfahren der Verkehrsnachfragemodellierung

Der Einsatz der Verkehrssimulation zur Ermittlung der Verkehrsnachfrage ist ein unverzichtbarer Bestandteil integrierter Verkehrsplanung, um die Akzeptanz und die Wirksamkeit neuer Angebote abzuschätzen. Unter „Simulation“ versteht man nach WIEDEMANN [Wied91] die rechnergestützte Durchführung von virtuell geplanten Experimenten unter Verwendung von mathematisch-statistischen Modellen. Die Simulation wird eingesetzt, wenn praktische Feldversuche nicht realisierbar oder zu kostenintensiv sind, da z. B. die zu testenden Systeme nicht existieren, oder sie sich auf den Menschen gefährlich auswirken könnten. In einer definierten Systemumgebung werden relevante Indikatoren zur Einflussnahme auf das System identifiziert und Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge als stellvertretende Verhaltensbeschreibung des realen Systems abgebildet [BrBe87].

Verkehrsmodelle werden daher als wesentliches Hilfsmittel im klassischen Planungsprozess (Problemanalyse, Maßnahmenentwicklung, Wirkungsprognose, Bewertung und Entscheidung von Maßnahmenvarianten) eingesetzt, um das Verkehrsverhalten und Verkehrszustände unter heutigen Rahmenbedingungen möglichst wirklichkeitsnah zu beschreiben und Prognosen aufgrund veränderter Rahmenbedingungen und zukünftiger Verkehrssituationen zu erstellen. Für eine mathematisch lösbare Umsetzung sämtlicher Einflussfaktoren ist allerdings die Abbildung des Verkehrsverhaltens in einem dynamischen System viel zu komplex. Daher kann ein Verkehrsmodell kein vollständiges Abbild der Wirklichkeit sein, sondern le-

diglich mit einer definierten Anzahl von beschreibbaren Deskriptoren eine Abschätzung der wahrscheinlichen Wirkungen aufzeigen. Die Modellierung der Verkehrsnachfrage wird zur Systematisierung klassischerweise in Teilmodelle (Vierstufen-Algorithmus) unterteilt, die sich aus den Elementen

- Verkehrserzeugung (Verkehrsaufkommen, Mobilitätsbedarf),
- Verkehrsverteilung (Zielwahl),
- Verkehrsaufteilung (Modal-Split, Verkehrsmittelwahl) und
- Verkehrsumlegung (Wege- und Routenwahl)

zusammensetzen (vgl. STEIERWALD und KÜHNE [StKü94] oder PETZ [PePe98]). Trotz der sequentiellen Aufteilung der Gesamtnachfrage existiert zwischen den Teilmodellen eine enge wechselseitige Abhängigkeit, so dass diese flexibel aufeinander abgestimmt werden müssen und in der Regel simultan oder mit Rückkopplungsschritten berechnet werden (vgl. SCHNABEL und LOHSE [ScLo97]).

Klassische Aggregatdatenmodelle konzentrieren sich auf die räumliche Abbildung von Verkehrsströmen und ermitteln aus Strukturdaten der Einwohner einer Verkehrszelle und/oder den Eigenschaften des Verkehrssystems die Verkehrsnachfrage (vgl. ORTUZAR et al. [OrWi90]). Es existieren keine planerischen Hebel, um mit Maßnahmen das Verhalten einzelner Personen zu beeinflussen und subjektive Beweggründe in der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen. Da aber von informationstechnischen Maßnahmen offenkundig erwartet wird, dass sie den Verkehrsteilnehmer in seiner Wahrnehmung und Bewertung beeinflussen, verlangt die Modellierung des Reaktionsverhaltens die Berücksichtigung individueller Verhaltenscharakteristika (vgl. KNAPP [Knap98a] oder KEUCHEL [Keuc94]).

Zunehmend werden daher bei Fragestellungen, die über verkehrliche Wirkungsabschätzungen hinausgehen (z. B. verkehrstelematische oder -politische Maßnahmen), Individualverhaltensmodelle zur Beschreibung der Verkehrsnachfrage eingesetzt. Gegenstand der mikroskopischen Modellierung sind einzelne Personen bzw. verhaltenshomogene Personengruppen (vgl. SCHMIEDEL [Schm84]), aus deren individuellen Merkmalen und Bedürfnissen mit statistischen Wahrscheinlichkeiten (z. B. mittels Monte-Carlo-Simulation) das Entscheidungsverhalten nachgebildet wird. Der Vorteil der mikroskopischen Entscheidungsmodellierung besteht darin, dass trotz der Komplexität der Komponenten die Ergebnisse kontrollierbar bleiben und konkrete Ereignisse auf Konsistenz und Plausibilität überprüft werden können [ScZu06].

Die Qualität der Ergebnisse wird maßgeblich durch die verwendete Datengrundlage determiniert. KUTTER [Kutt03] sieht die Schlüsselbedeutung der Verkehrsmodellierung in der stim-

migen Wechselbeziehung zwischen empirischen Daten und Modelllogik. Schrittweise werden daher bei der Entwicklung der Modelle verschiedene denkbare Ansätze und eine Vielzahl von Kombinationen möglicher Variablen variiert und die Ergebnisse der Modellvarianten gegeneinander bilanziert. Unter der Kalibrierung von statistischen Modellen versteht man die angemessene mathematische Anpassung der Parameter des Modells auf Grundlage empirischer Daten. Mit der Schätzung wird die Stärke des Einflusses und die Richtung der Wirkung der maßgeblichen Variablen sichtbar, so dass widersprüchliche Ergebnisse durch Anpassungen in der Modellstruktur nachgesteuert werden können. Anschließend sind die Modelle für Simulationszwecke einsetzbar [EMVE05].

3.1.2 Entscheidungsprozesse und Verhaltensänderungen

Bei der Entwicklung ihres Verkehrsverhaltens werden die Verkehrsteilnehmer vor eine Reihe von Entscheidungssituationen gestellt, in denen Informationen eine Verhaltensreaktion auslösen können. Voraussetzung dafür ist, dass Entscheidungen, die vor dem Hintergrund aktuellerer Informationen getroffen werden, anders ausfallen, als wenn diese Informationen nicht zur Verfügung stehen, oder zumindest die Wahrnehmung von Handlungsalternativen bewusster machen. Vor allem Informationen, die vor Antritt der Fahrt erfolgen, so genannte Pre-Trip-Informationen, besitzen das Potenzial, Verhaltensreaktionen auf unterschiedliche Dimensionen des Verkehrsnachfrageprozesses zu aktivieren. Die Einführung von Informationstechnologien im öffentlichen Verkehr erweckt demzufolge die Erwartung, Entscheidungsprozesse der Verkehrsnachfrage, wie die Zielwahl, die Wahl der Abfahrtszeit oder des Verkehrsmittels, durch Fahrplanauskünfte beeinflussen zu können [PoJo93].

Diese Verhaltensänderungen beruhen nach ZUMKELLER [Zumk98] auf autonomen Entscheidungen der Individuen, die unabhängig von anderen Personen auf veränderte Rahmenbedingungen oder Maßnahmen reagieren. Aus diesem Grund sind Veränderungen des Verhaltens prinzipiell aus dem intrapersonellen Kontext der Person abzuleiten, um Entscheidungen unter zukünftigen Bedingungen wirklichkeitsnah vorherzusagen. Das realisierte Verhalten entsteht in einem subjektiven Prozess aus Wahrnehmung, Bewertung und Entscheidung, in dem neben der objektiven Situation persönliche Präferenzen die Verhaltensmerkmale prägen (siehe Abbildung 3). Die individuelle Wahrnehmung der objektiven Situation erfolgt quasi durch einen subjektiven Filter, so dass gegenüber dem objektiven Bild eine selektiv verzerrte und unvollständige Basis für die Bewertung und Verhaltensentscheidung entsteht (vgl. STEIERWALD und KÜHNE [StKü94]).

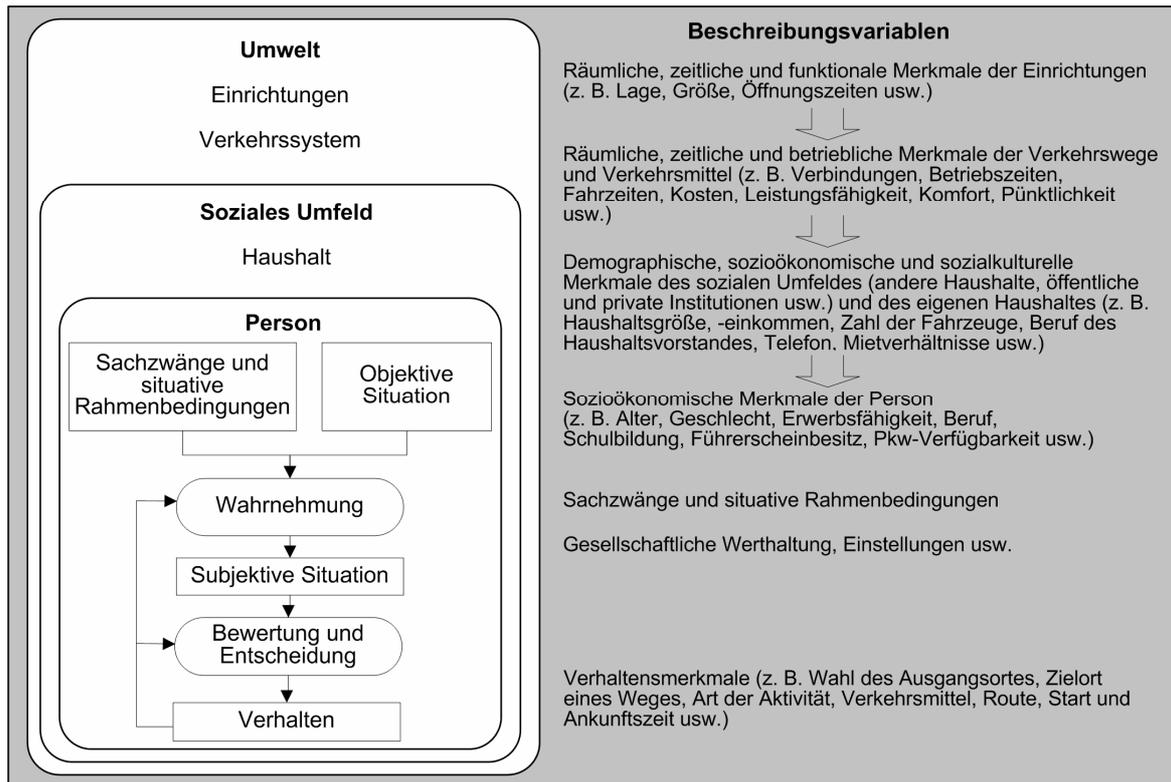


Abbildung 3: Einflussfaktoren und Beschreibungsmerkmale des Verkehrsverhaltens (nach STEIERWALD und KÜHNE [StKü94] und FGSV [FGSV04])

Bei vielen durchgeführten Wegen finden keine Wahlentscheidungen mit direktem Alternativenvergleich im klassischen Sinn statt, sondern Entscheidungen werden aus Gewohnheit oder aufgrund von Unkenntnis (z. B. aufgrund eines Informationsdefizits) getroffen. Gerade Prozesse der Verkehrsmittelwahl bezüglich regelmäßig aufgesuchter Ziele unterliegen häufig gefestigten Grundsatzentscheidungen, die das Ergebnis eines individuellen Lern- und Optimierungsprozesses sind [MaWi07]. Diese Verhaltensroutinen und der Zusammenhang zwischen Habitus und Verkehrsmittelwahlverhalten wurden in zahlreichen Forschungsarbeiten dokumentiert (vgl. GÄRLING et al. [GäFu00], KENYON und LYONS [KeLy03], AARTS et al. [AaKn97] [VeAa99] sowie BAMBERG et al. [BaSc03]). Ein Überblick über den Forschungsstand findet sich bei MØLLER [Møll03].

Sowohl Erfahrungswerte als auch die Erweiterung des Kenntnisstands durch Informationen können zu Korrekturen der individuellen Wahrnehmung (Rückkopplung) führen und ein verändertes Entscheidungsverhalten auslösen [StKü94]. Stehen bei ausreichendem zeitlichen Horizont keine akzeptablen Alternativen zur Entscheidungsfindung zur Verfügung, kann ein Alternativenset aus dem vorhandenen Wissen und zusätzlichen Informationen konstruiert werden. Ob Informationen letztendlich abgerufen werden, hängt von einer Reihe von Indikatoren ab, die in Abbildung 4 innerhalb des Entscheidungsprozesses dargestellt sind. Erst nach der Informationsphase erfolgt ein Denkprozess, der bei positiver Beurteilung eine Verhaltensänderung auslösen kann. Die Wahl der besten Alternative kann zunächst als experi-

mentelles Verhalten aufgefasst werden, das im Laufe der Zeit in ein Gewohnheitsverhalten übergehen kann. Für die Modellierung ist der zentrale Schritt die Ermittlung und Auswahl der zur Wahl stehenden Informationsmedien und die anschließende Bewertung.

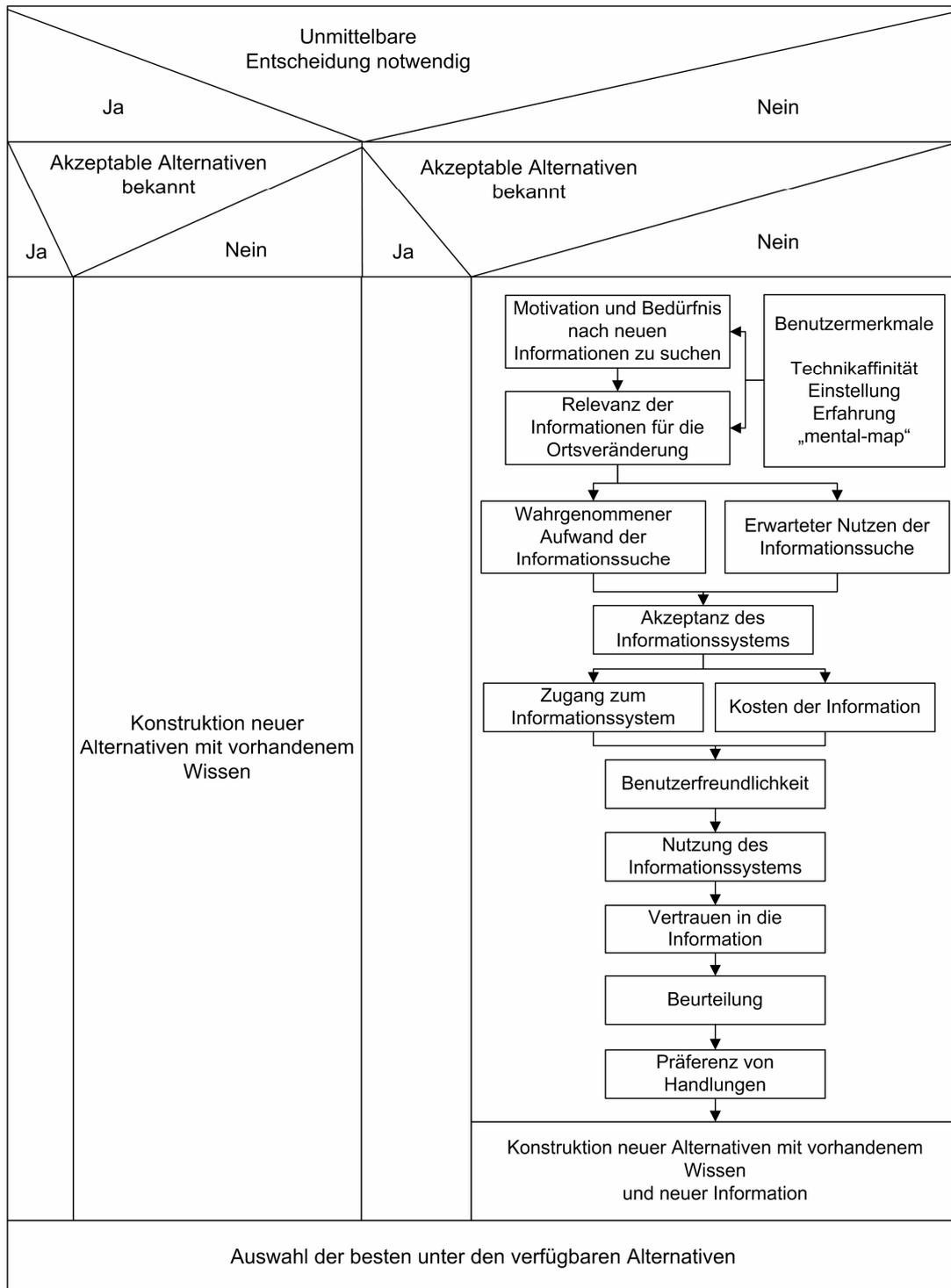


Abbildung 4: Entscheidungsprozess mit Informationssystemen
(eigene Darstellung, aufbauend auf AXHAUSEN [Axha01] und LYONS [Lyon03])

Informationen können die Aufmerksamkeit erhöhen, ein aktuelles Bild der Verkehrssituation schaffen, suboptimale Verhaltensweisen aufzeigen und den Nutzer zu einer bewussten

Wahrnehmung der Konsequenzen führen. VAN BEYNEN [Beyn03] und VAN BEYNEN et al. [BeBr05] sehen in der Interaktion zwischen der Nutzung von Informationen und der Erweiterung der kognitiven Landkarte (*mental map*) die Haupteffekte auf die Verkehrsmittelwahl. Informationen unterstützen den Verkehrsteilnehmer bei der Planung und der Ausführung von Aktivitäten sowie langfristig bei der Entwicklung neuer Routinen. Jedoch haben AARTS et al. [AaKn97] aufgezeigt, dass ein habitualisiertes Verhalten die Inanspruchnahme von Informationen bei Wahlentscheidungen reduziert.

3.1.3 Diskrete Entscheidungsmodelle in der Mobilitätsforschung

In vielen Entscheidungssituationen des alltäglichen Verkehrsverhaltens wird aus einer Reihe von Alternativen eine Wahl getroffen. Dies ist beispielsweise der Fall bei der Verkehrsmittel- und Routenwahl, der Wahl der Abfahrtszeit oder eines Informationssystems. Bei all diesen Entscheidungen kann grundsätzlich aus einer endlichen Anzahl von Möglichkeiten zwischen Handlungsalternativen ausgewählt werden. Entsprechende Modelle zur Abbildung dieser diskreten Wahlentscheidungen stammen aus der Mikroökonomie und haben sich inzwischen in der Mobilitätsforschung und der angewandten Verkehrsplanung etabliert. Die Ansätze zur Abbildung des individuellen Entscheidungsverhaltens basieren auf Wahrscheinlichkeitsmodellen mit deterministischen und stochastischen Nutzenkomponenten, die in der Literatur als *Random Utility Models* (RUM) bezeichnet werden (siehe BEN-AKIVA und LERMAN [BeLe85], ORTÜZAR und WILLUMSEN [OrWi90], MCFADDEN [McFa00] oder TRAIN [Trai03]).

Ziel der Modellberechnungen ist es, Änderungen der Wahrscheinlichkeit für die Wahl einer Alternative zu bestimmen, z. B. wenn neue Informationsdienste zur Verfügung stehen. Zur Erklärung des Verhaltens wird der Nutzen als zentrales Konstrukt herangezogen, um die Wahlwahrscheinlichkeit aller relevanten Alternativen zu bestimmen. Das Prinzip der ökonomischen Nutzenmaximierungstheorie basiert auf der Grundannahme, dass sich das Individuum rational nach dem Modell des *homo oeconomicus* verhält und über perfekte Informationen über alle Entscheidungsalternativen und deren relevante Eigenschaften verfügt. Bei der Auswahl der Alternativen versucht der Handelnde seinen Gesamtnutzen (*utility*) zu maximieren. Die Wahrscheinlichkeit, dass die Person n aus einer Alternativmenge eine bestimmte Alternative i wählt, ist gleich der Wahrscheinlichkeit, dass der Nutzen dieser Alternative größer ist als der Nutzen der anderen Alternativen, und kann wie folgt formuliert werden [Trai03]:

$$P_{ni} = \Pr (U_{ni} > U_{nj} \quad \forall j \neq i) = \Pr (V_{ni} + \varepsilon_{ni} > V_{nj} + \varepsilon_{nj} \quad \forall j \neq i) \quad (\text{Gleichung 3-1})$$

mit P_{ni} : Wahrscheinlichkeit einer Person n , die Alternative i zu wählen
 Pr : Wahrscheinlichkeitsfunktion
 U_{ni} : Nutzen einer Person n für die Alternative i
 V_{ni} : deterministischer Teil des Nutzens U einer Person n für die Alternative i
 ε_{ni} : Störterm einer Person n für die Alternative i

Jede Wahlentscheidung unterliegt naturgemäß einer subjektiven Beurteilung und differiert je nach Zeitpunkt, so dass die Entscheidung für eine Alternative unter kongruenten Rahmenbedingungen nicht immer als identisch angenommen werden kann. So existiert beispielsweise eine Unsicherheit bezüglich der Informiertheit des Verkehrsteilnehmers über das vorhandene Angebot öffentlicher Verkehrsmittel. Unter der Annahme, dass nur ein Teil des tatsächlichen Gesamtnutzens beobachtet werden kann und nicht jeder Person alle relevanten Determinanten der Entscheidungsfindung bekannt sind, wird der deterministische Teil der Nutzenkomponente V um eine stochastische Komponente ε erweitert. Diese Zufallskomponente, die auch Störterm genannt wird, resultiert aus Abweichungen individueller Präferenzstrukturen, objektiv nicht beobachteter Attribute sowie Messfehlern [BeLe85]. In Abhängigkeit von den Verteilungsannahmen der stochastischen Störterme existieren verschiedene Wahlmodelle, mit denen die Wahrscheinlichkeiten für jede Alternative bestimmt werden. Eine ausführliche Diskussion und Zusammenfassung verschiedener Modelle findet sich z. B. bei BOBINGER [Bobi01] oder TRAI [Trai03]. Der deterministische Teil der Nutzenfunktion wird als linear-additive Kombination der Einflussgrößen wie folgt definiert:

$$V_{ni} = \beta_0 + \sum_j \beta_j x_j \quad (\text{Gleichung 3-2})$$

mit V_{ni} : deterministischer Teil des Nutzens U einer Person n für die Alternative i
 β_0 : konstanter Schätzparameter
 β_j : Schätzparameter der erklärenden Variablen x_j
 x_j : Ausprägung der erklärenden Variablen

Das Logit-Modell geht davon aus, dass die stochastischen Störterme unabhängig voneinander und identisch bei allen Alternativen der Gumbel-Verteilung¹⁵ folgen. Die Gleichung 3-3 zeigt die geschlossene Form für die Berechnung der Wahlwahrscheinlichkeit [BeLe85] [Trai03]:

¹⁵ Die Gumbel-Verteilung ist eine stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung, die zu den Extremwertverteilungen gehört.

$$P_{ni} = \frac{e^{V_{ni}}}{\sum_j e^{V_{nj}}} \quad (\text{Gleichung 3-3})$$

mit P_{ni} : Wahrscheinlichkeit einer Person n für die Alternative i
 V_{ni} : deterministischer Teil des Nutzens U einer Person n für die Alternative i
 j : verfügbare Alternativen

Weil das Logit-Modell mathematisch einfach angewendet werden kann, wird es in der Forschungslandschaft für die Abbildung von Entscheidungen auf vielfältige Weise eingesetzt. Jedoch stellt die in der Literatur als IIA-Eigenschaft (*independence from irrelevant alternatives*)¹⁶ bekannte Problematik eine Restriktion des Modells dar, da das Verhältnis der Auswahlwahrscheinlichkeiten vorhandener Alternativen konstant bleibt, wenn eine weitere „irrelevante“ Alternative eingeführt wird.

BEN-AKIMA et al. [BeLe85] und MCFADDEN [McFa00] haben die Operationalisierung des Nested-Logit-Modellansatzes (NLM) als Verallgemeinerung des multinominalen Logit-Ansatzes (MNL) umgesetzt und die IIA-Eigenschaft bei der Modellierung der Wahlentscheidungen entschärft. In diesem hierarchischen Ansatz werden modelltechnisch auf mehreren Ebenen Wahlentscheidungen getroffen und Alternativen mit ähnlichen Ausprägungen in disjunkten Nestern gruppiert.

Innerhalb der Teilmengen bleibt die Korrelation zwischen den Alternativen und damit die IIA-Eigenschaft bestehen, doch wird zwischen den Alternativen verschiedener Nester keine Korrelation zugelassen. Schematisiert kann die Auswahlwahrscheinlichkeit als Produkt der Wahrscheinlichkeiten jeder Entscheidungsebene verstanden werden. Die Wahrscheinlichkeit einer Alternative i , die im Nest K gruppiert ist, kann als Produkt zweier einfacher Logits wie folgt ausgedrückt werden [Trai03]:

$$P_{ni} = P(i | N_k) * P(N_k) = \frac{e^{Y_i / \lambda_k}}{\sum_{j \in N_k} e^{Y_j / \lambda_k}} * \frac{e^{W_{n_k} + \lambda_k I_{nk}}}{\sum_{l=1}^k e^{W_{nl} + \lambda_l I_{nl}}} \quad (\text{Gleichung 3-4})$$

¹⁶ Vgl. BEN-AKIMA et al. [BeLe85] und TRAIN [Trai03]: Bei der Wahl zwischen Fahrrad und (rotem) Bus entscheidet sich z. B. in einer Population die Hälfte für das Verkehrsmittel Fahrrad. Ergänzt man die Wahlmöglichkeiten um die Fahrtalternative mit einem zusätzlichen Bus, der sich vom roten Bus um vernachlässigbare Details unterscheidet (z. B. ist die Farbe nun blau), so folgt gemäß der im Logit-Modell implizierten Irrelevanz weiterer Alternativen für das Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten $P(\text{Fahrrad}) = 1/3$. Diese Implikation vermag nicht zu überzeugen. Plausibel ist es, dass sich die Hälfte der Busnutzer auf die zwei Busse verteilt, während die andere Hälfte weiter mit dem Fahrrad fährt.

$$I_{nk} = \ln \sum_{l \in N_k} e^{Y_l / \lambda_k} \quad (\text{Gleichung 3-5})$$

mit P_{ni} : Auswahlwahrscheinlichkeit einer Person n für die Alternative i
 N_K : Partitionierung in $(N_i - N_K)$ Nester
 W : untermengenspezifischer Nutzen
 Y : alternativspezifischer Nutzen
 I_{nk} : Inklusivwert von Nest k
 λ : log-sum-Koeffizient

Die Parameter werden mit der Maximum-Likelihood-Methode geschätzt. Bei diesem Verfahren maximieren die Parameter die Wahrscheinlichkeit, dass die beobachteten Wahlanteile reproduziert werden. Bei der Beurteilung der Modellvarianten sind verschiedene Kriterien zu beachten. Erst das Zusammenspiel von Modellstruktur, Gütekriterien, Vorzeichen und Signifikanz der Parameter sowie das Ergebnis der Simulation regulieren das für das Modell gesuchte Qualitätsoptimum.

Als Gütekriterium (*goodness of fit*) für den Erklärungswert eines Modells wird der *likelihood ratio index* (LRI) verwendet:

$$LRI(\rho) = 1 - \frac{LL(\hat{\beta})}{LL(0)} \quad (\text{Gleichung 3-6})$$

mit $LL(\hat{\beta})$: Wert der log-likelihood-Funktion mit den geschätzten Parametern
 $LL(0)$: Wert der log-likelihood-Funktion mit gesetzten Parametern $\beta_j=0$ (Nullmodell)

Durch Vergleich des Modells mit dem geschätzten Parametersatz und dem Nullmodell ohne erklärende Variablen ergibt sich eine Bandbreite von ρ zwischen null und eins. Werden die Parameter der zu testenden Modelle an einem Datensatz und mit identischer Auswahl der Alternativen geschätzt, so lässt sich konstatieren, dass mit höherem Erklärungsgehalt des Modells der LRI gegen eins ansteigt [Trai03].

Aufbauend auf dem LRI werden in der Literatur weitere Gütekriterien (z. B. Estrella¹⁷ oder Cragg-Uhler¹⁸) ausgewiesen, die zumeist die Anzahl der Beobachtungen mit in die Berechnungen integrieren, aber in dieser Arbeit ungenannt bleiben. Mit dem *likelihood ratio test* (LR) als weiterem Testindikator wird überprüft, ob das Modell durch die Parameter eine signifikante Verbesserung in der Modellqualität gegenüber dem Nullmodell aufweist [Trai03].

¹⁷ $1 - \left(1 - \frac{2 * (\text{Log}L - \text{Log}L0)}{-2 * \text{Log}L0}\right)^{\frac{-2 * \text{Log}L0}{N}}$

¹⁸ $1 - \exp\left(\frac{-2 * (\text{Log}L - \text{Log}L0)}{N}\right)$

$$LR = -2 * (LL(\hat{\beta}^H) - LL(\hat{\beta})) \quad (\text{Gleichung 3-7})$$

mit $LL(\hat{\beta}^H)$: Wert der log-likelihood-Funktion mit null gesetzten Parametern der H_0

$LL(\hat{\beta})$: Wert der log-likelihood-Funktion mit den geschätzten Parametern

3.1.4 Handlungstheorien und einstellungsorientierte Ansätze

Das Entscheidungsverhalten von (potenziellen) Kunden zu verstehen und Reaktionen auf Angebotsveränderungen abzuschätzen, ist Bestandteil einer erfolgreichen Unternehmenspolitik. Darauf aufbauend können geeignete Maßnahmen identifiziert werden, über die das Verhalten beeinflusst werden kann. Die Zielvorstellung besteht darin, mit Investitionen ein marktgerechtes Angebot bereitzustellen und die Zufriedenheit bestehender Kundensegmente bzw. die Attraktivität für Neukunden zu erhöhen.

Der Entscheidungsprozess zur Nutzung eines Informationsdienstes und zur Verkehrsmittelwahl erfolgt auf individueller Ebene. Grundlagen für vergleichbare Prozessklärungen umfassen Forschungsfelder der Sozial- und Verhaltenswissenschaft sowie der Psychologie, in denen das Entscheidungsverhalten z. B. in Konsum-, Diffusions- oder Akzeptanzmodellen (vgl. VERRON [Verr86], HECKER [Heck97], SRNKA [Srnk02], oder AMBERG et al. [AmWe03]) erklärt wird.

Der theoretische Zusammenhang zwischen Einstellung und beobachtbarem Verhalten ist in der wissenschaftlichen Forschung in dem Modell des überlegten Handelns (TRA) von AIJZEN und FISHBEIN [FiAj75] sowie dem erweiterten Modell des geplanten Verhaltens (TOPB) von AIJZEN [Ajze91] verankert. Die entwickelten sozialpsychologischen Handlungstheorien haben zum Ziel, Verhaltensprozesse zu strukturieren, diese zu erklären und vorherzusagen. Zentrale Annahme der TOPB ist, dass sich durch Einstellung (*attitude toward the behavior*), subjektive Norm (*subjective norm*) und wahrgenommene Verhaltenskontrolle (*perceived behavioral control*) eine Nutzungsabsicht bildet, die das Verhalten direkt beeinflusst. Wie in Abbildung 5 zu erkennen ist, wird das Verhalten nicht nur direkt durch den Prädiktor Verhaltensabsicht (*intention*) bestimmt, sondern ist ebenfalls unmittelbare Determinante der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle.

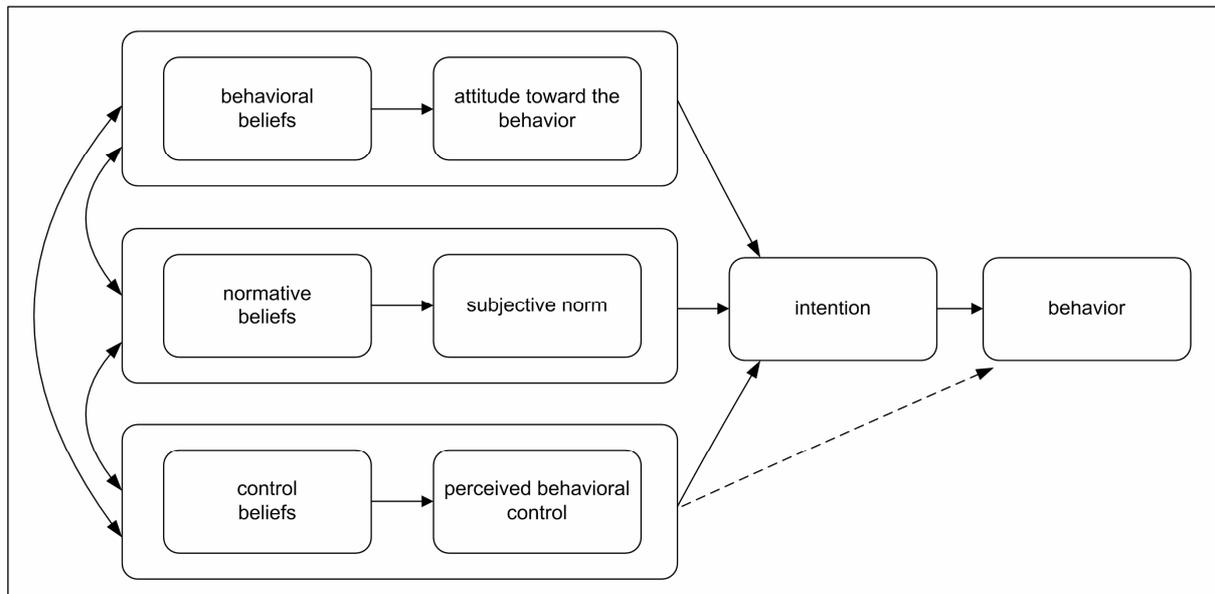


Abbildung 5: Theorie des geplanten Verhaltens (nach AJZEN [Ajze91])

Einstellungen gegenüber bestimmten Verhaltensweisen werden von verhaltensbezogenen Überzeugungen (*beliefs*) beeinflusst und erfassen die Bewertung aller persönlichen Konsequenzen, die aus dem jeweiligen Zielverhalten resultieren. Subjektive Normen beschreiben den sozialen Erwartungsdruck, den eine Person wahrnimmt, sich auf eine bestimmte Weise zu verhalten. Als dritte Determinante beschreibt die wahrgenommene Verhaltenskontrolle die Fähigkeit, sich dann auch auf entsprechende Weise zu verhalten [BaSc03]. Die Verhaltensintention ist eine additive Funktion der Konstrukte Einstellung, soziale Norm und wahrgenommene Verhaltenskontrolle, die formal in den Gleichungen 3-8 bis 3-11 beschrieben wird.

$$A = \sum_{i=1}^n b_i e_i \quad (\text{Gleichung 3-8})$$

mit *A*: Einstellung
b_i: subjektive Wahrscheinlichkeit bezüglich Eintreten der Konsequenz *i*
e_i: Bewertung der Konsequenz *i*

$$SN = \sum_{j=1}^g n_j m_j \quad (\text{Gleichung 3-9})$$

mit *SN*: subjektive Norm
n_j: normative Meinung bezüglich Bezugsperson *j*
m_j: Absicht/Motivation, der Erwartung von Bezugsperson *j* zu entsprechen

$$PBC = \sum_{k=1}^I c_k P_k \quad (\text{Gleichung 3-10})$$

mit PBC : wahrgenommene Verhaltenskontrolle
 c_k Kontrollüberzeugung bezüglich der Konsequenz k
 p_k : Fähigkeit/Stärke, das Verhalten unter der Konsequenz k auszuführen

$$B \approx I = w1 * A + w2 * SN + w3 * PBC \quad (\text{Gleichung 3-11})$$

mit B : Verhalten
 I : Intention
 $w1, w2, w3$: empirische Gewichte

Die TOPB ist eine inzwischen in vielen Anwendungsfeldern empirisch überprüfte Methode. Sie wurde z. B. durch BAMBERG et al. [BaSc94][BaBi95] oder HAHN [Hahn99] erfolgreich auf den Entscheidungsprozess der Verkehrsmittelwahl übertragen und für die Ableitung von verhaltensbeeinflussenden Maßnahmen angewandt. Der Zusammenhang zwischen Einstellung und Verhalten wird bei VERRON [Verr86] detailliert aufgearbeitet. Algorithmisch wird der Einfluss der Verhaltensintention auf die Verkehrsmittelwahl umgesetzt. Dabei wird die Verhaltensabsicht zur Verarbeitung von Informationen als Vorstufe des Verhaltens interpretiert.

Ausgehend vom TRA entwickelte DAVIS [Davi93] das *Technology Acceptance Model* (TAM) für die Vorhersage von Akzeptanz und Nutzungshäufigkeit bei IuK-Technologien. Das TAM unterstellt, dass der Einfluss von externen Variablen indirekt über den Einfluss des wahrgenommenen Nutzens (*perceived usefulness*) und die Benutzerfreundlichkeit (*perceived easy of use*) als verhaltensbezogene Überzeugungen in das Modell eingehen. Eine Steigerung der Verhaltensabsicht kann demnach nicht direkt durch Maßnahmen beeinflusst werden, sondern primär sind die beiden Verhaltenskonstrukte und die Einstellung für die Nutzerakzeptanz verantwortlich [HuBu03].

Das in Abbildung 6 dargestellte Compass-Akzeptanzmodell ist als übergreifendes Modell auf verschiedene Anforderungen von mobilen Diensten und Anwendungen ausgerichtet. AMBERG et al. [AmWe03] verfolgen mit ihrem Ansatz neben der Analyse und Evaluierung auch die Entwicklung der Akzeptanzindikatoren. Ziel des Modellansatzes ist es, mit wenigen Indikatoren eine hohe Aussagekraft zu erzielen und eine methodische Hilfestellung bei der Erhebung der Nutzerakzeptanz zu geben. Die Anwendungsbereiche erstrecken sich von *Multimedia Messaging Services* (MMS) bis hin zu Routenplanern und Ticketingsystemen.

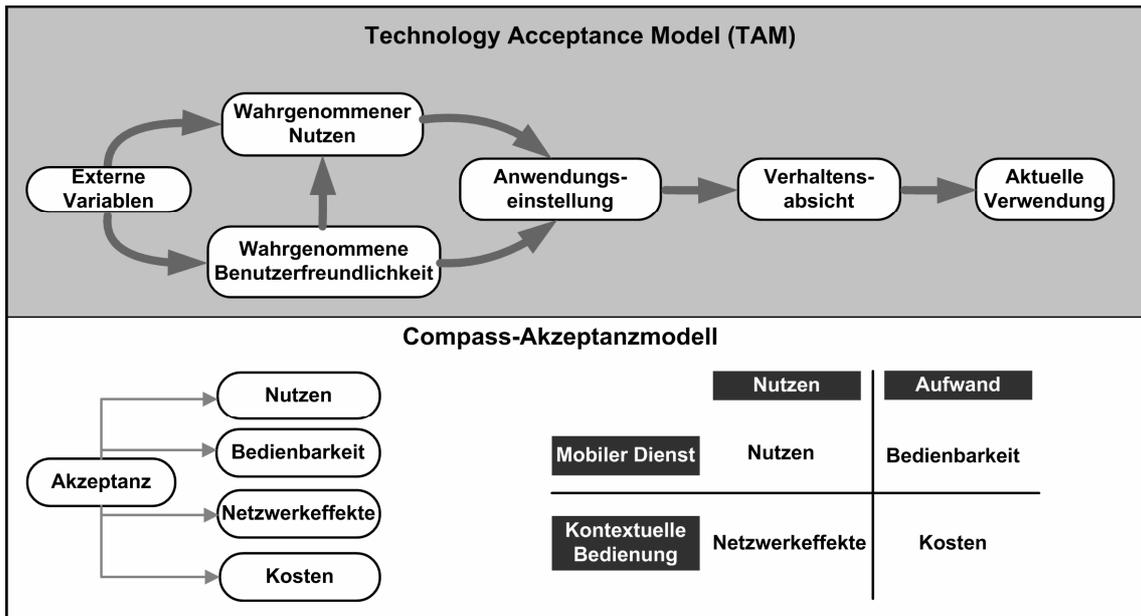


Abbildung 6: Technology Acceptance Model (TAM) und Compass-Akzeptanzmodell
(in Anlehnung an DAVIS [Davi93] und AMBERG et al. [AmWe03])

Zur Erklärung und Verhaltensbeschreibung kognitiver Entscheidungsprozesse liefern das TAM und Compass-Akzeptanzmodell wichtige Beiträge. Die mathematische Beschreibung der komplexen Beziehungen ist schwierig und die Vielzahl der zumeist latent messbaren Indikatoren, wie z. B. der Einstellung und Wahrnehmung, erfordern aufwändige Erhebungs- und Schätzverfahren.

Während in der Verhaltensforschung der Entscheidungsprozess im Vordergrund der Betrachtung steht, wird in der anwendungsorientierten Verkehrsplanung mit Hilfe von beschreibenden Variablen versucht, ein beobachtetes Verhalten zu erklären. Dabei wird die individuelle Wahlentscheidung zumeist als Blackbox-Methode aufgefasst, bei der das Modell die Verbindung zwischen Input und Output herstellt und implizit unterstellt, dass unbekannte kognitive Prozesse in der *Blackbox* verankert sind (vgl. KUTTER [Kutt03] oder WALKER et al. [WaBe99]). Um Effekte der individuellen Wahrnehmung und Einstellung in diskrete Entscheidungsmodelle zu integrieren, führt WALKER [Walk01] ein latentes Variablen-Modell ein. Wie in der Abbildung 7 zu erkennen ist, werden in Anlehnung an die TOPB über Indikatoren (*beliefs*) die Verhaltenskonstrukte operationalisiert und quantifiziert. Die Verbesserung der Modellgüte durch die Einbindung latenter Variablen wird am Beispiel von POLYDOROPULOU [Poly97] für Informationssysteme aufgezeigt.

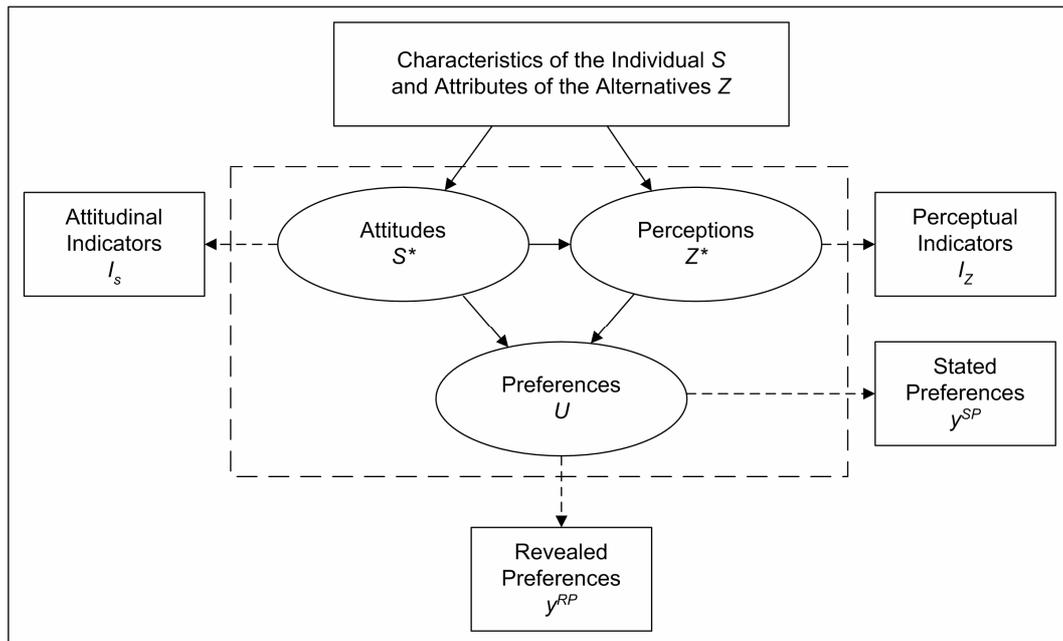


Abbildung 7: Methodenansatz für Entscheidungsmodelle mit latenten Variablen [Walk01]

Bei vielen wissenschaftlichen Fragestellungen geht es darum, kausale Beziehungen zwischen Variablen und deren Wirkungsrichtung zu untersuchen. Über theoretische Überlegungen werden die vermuteten Zusammenhänge zwischen den Merkmalen zu einem Hypothesensystem verdichtet und mit Hilfe eines Datensatzes auf empirische Übereinstimmung überprüft. Das kausalanalytische Strukturgleichungsmodell (SEM) ist besonders für die Überprüfung von Beziehungen zwischen latenten Variablen, die nicht direkt beobachtet oder gemessen werden können, und direkt messbaren Größen geeignet. Hypothetische Verhaltenskonstrukte wie z. B. Einstellung, Image oder Intention werden über empirische Indikatorvariablen in Form eines so genannten Messmodells operationalisiert. In diesem faktoranalytischen Modell wird der Zusammenhang zwischen den beobachteten Indikatoren und den latenten Variablen identifiziert, so dass die nicht beobachteten Größen möglichst gut abgebildet werden. Dazu werden die Indikatoren über Item-Aussagen quantifiziert, die den Sachverhalt des theoretischen Konstruktes adäquat umschreiben. Auf einer Ratingskala stimmen die Probanden den Aussagen zu oder lehnen diese ab.

Das Messmodell wird getrennt nach endogenen und exogenen Variablen aufgestellt [BaEr87]:

$$y = \Lambda_y \eta + \varepsilon \quad (\text{Gleichung 3-12})$$

mit

- y : Messmodell der latenten endogenen Variablen
- Λ_y : Matrix der Faktorladungen
- η : unabhängige endogene Variablen
- ε : Vektor der Fehlervarianzen

$$x = \Lambda_x \xi + \delta \quad (\text{Gleichung 3-13})$$

mit x : Messmodell der latenten exogenen Variablen
 Λ_x : Matrix der Faktorladungen
 ξ : unabhängige exogene Variablen
 δ : Vektor der Fehlervarianzen

Die kausalen Beziehungen zwischen den latenten Variablen werden in der Regel in einem linearen Strukturmodell mit einem regressionsanalytischen Ansatz überprüft (siehe Gleichung 3-14). Auf diese Weise integriert der SEM-Ansatz Elemente der Faktorenanalyse und der Regressions- bzw. Pfadanalyse zu einem multivariaten Auswerteverfahren, mit dem die Abhängigkeiten mehrerer Variablen simultan untersucht werden können (vgl. BACKHAUS et al. [BaEr87] oder HATCHER [Hatc94]).

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad (\text{Gleichung 3-14})$$

mit η : Strukturgleichungsmodell
 B : Koeffizientenmatrix der endogenen kausalen Beziehungen
 Γ : Koeffizientenmatrix der exogenen kausalen Beziehungen
 ζ : Vektor der Fehlervarianzen

Ausgangspunkt für die Strukturanalyse sind nicht die einzelnen Beobachtungen, sondern die Kovarianz- bzw. Korrelationsmatrix der Variablen. Für die Modellschätzung wird im Rahmen der Arbeit das Maximum-Likelihood-Verfahren verwendet. In den letzten Jahren wurden SEM-Modelle, beispielsweise durch SCHADE [Scha05], vermehrt auch in der Verkehrswissenschaft zur Erklärung von Verhaltensursachen angewandt.

3.2 Messinstrumente

Zur Angebotsverbesserung im ÖPNV werden zunehmend dynamische Informationssysteme eingesetzt, ohne dass deren Effekte auf Wahlentscheidungen konkret bekannt sind. Intuitiv wird angenommen, dass Informationen das Nachfrageverhalten beeinflussen und die generelle Bereitschaft zur Nutzung bestimmter Verkehrsangebote erhöhen. Vor dem Hintergrund des hohen Investitionsbedarfs derartiger Maßnahmen ist ein Evaluierungstool zur Ex-ante-Abschätzung der Wirkungen als Entscheidungshilfe von wesentlicher Bedeutung, um den Nutzen von IuK-Technologien zu quantifizieren und den Einsatz von Investitionen verlässlich absichern zu können. Ohne diese Wirkungsanalyse besteht das Risiko, Technologiesysteme an den verkehrsplanerischen bzw. unternehmerischen Zielindikatoren und den Bedürfnissen der Nutzer vorbei zu entwickeln [RoGr05].

In Abhängigkeit vom Erhebungsziel und der erwünschten Granularität der Modelleingangsdaten können verschiedene Erhebungsmethoden zur Anwendung kommen. Gängige Verfahren zur Ermittlung von Informationseinflüssen auf das Verkehrsverhalten sind in Abbildung 8 systematisiert. Die Ansätze lassen sich nach dem Untersuchungsgegenstand in Revealed-Preference (RP)- und Stated-Preference (SP)-Verfahren sowie nach der Herangehensweise bei Befragungen oder Beobachtungen klassifizieren. Für spezielle verkehrsplanerische, ökonomische und sozialwissenschaftliche Erhebungsmethoden wird auf die einschlägige Fachliteratur (vgl. LOUIVERRE et al. [LoSw00], NOELLE-NEUMANN und PETERSON [NoPe95] DIEKMANN [Diek00], BORTZ et al. [BoDö02] oder SATTLER [Satt06]) verwiesen. Übersichten über die Ausgestaltung von Verkehrserhebungen sowie über Vor- und Nachteile der Methoden finden sich in den Publikationen der FGSV [FGSV96][FGSV04] wieder.

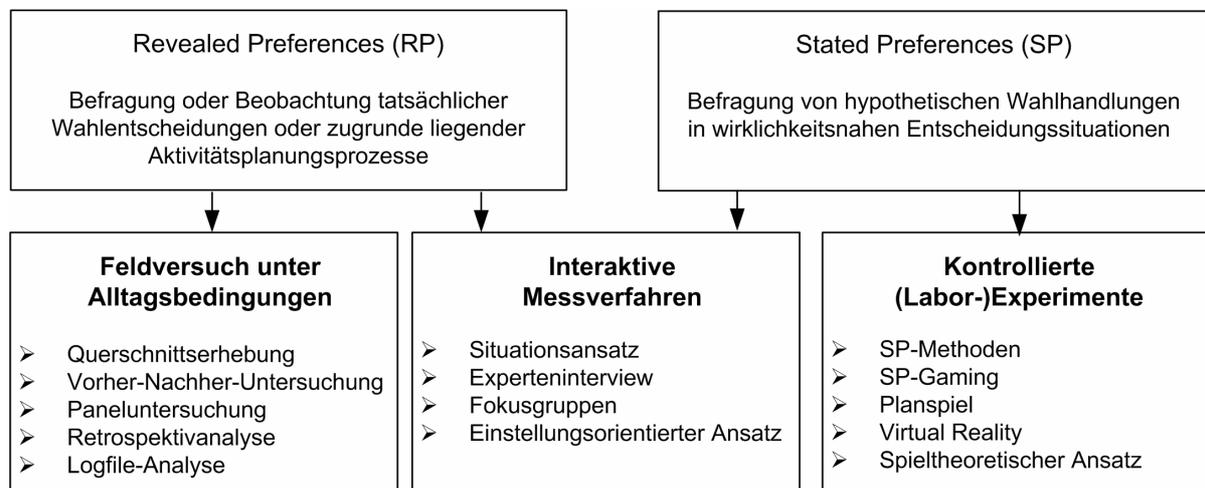


Abbildung 8: Instrumente zur Messung von Informationseinflüssen

Prinzipiell besteht die Möglichkeit, das geänderte Verhalten unter Maßnahmenbedingungen direkt in der Realität an einem Demonstrator zu messen. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle scheidet dies aber an zu kurzen Adaptionphasen, technischer Unausgereiftheit und mangelnder Vorteilsnahme durch den Nutzer. Realitätsnahe Beobachtungen werden zudem durch eine begrenzte räumliche Ausdehnung der demonstrierten Informationsdienste verhindert. Darüber hinaus gestaltet sich bei Maßnahmenbündeln, wo mehrere Systeme in unterschiedlicher Art und Intensität wirken, die Abschätzung der Einzelwirkungen äußerst schwierig. Vor allem sind von dynamischen Informationen in Störungssituationen Nutzungsvorteile und messbare Reaktionen zu erwarten. Daher ist es notwendig, dass die beobachteten Personen Störungen erleben und von diesen Ereignissen als Auslöser der Verhaltensänderung berichten. Aufgrund der relativen Seltenheit von Störungen ist entweder ein großer Stichprobenumfang oder eine lange Beobachtungsdauer erforderlich, die in der Umsetzung hohe Erhebungskosten zur Folge haben.

Befinden sich die zu beurteilenden (innovativen) Informationssysteme noch im Entwicklungsprozess oder sind sie am Verkehrsmarkt nicht als Prototyp einsetzbar, können das reale Entscheidungsverhalten und die Akzeptanz nicht mittels RP-Methoden gemessen werden. In solchen Fällen müssen Methoden zum Einsatz kommen, die die künftige Entscheidungssituation für die Testperson vorstellbar machen.

Die SP-Methoden konfrontieren zur Bestimmung der individuellen Präferenzen den Probanden mit einer Vielzahl von hypothetischen Entscheidungssituationen, in denen veränderte Angebote und Rahmenbedingungen als Reizvorlage präsentiert werden. Bei den so genannten interaktiven Verfahren werden zunächst das tatsächliche Verhalten und die entsprechenden Randbedingungen erhoben. Anschließend wird das Verhalten unter Maßnahmenbedingungen im Rahmen einer Interaktion (z. B. Interview oder Diskussion) mit den Befragten daraufhin untersucht, ob und wie es sich durch ein verändertes Angebot reorganisiert. Diese Art von Verfahren kann eindeutige Auswirkungen einzelner Einflussgrößen nicht direkt messen und quantifizieren, sondern beinhaltet eine deskriptive Vorgehensweise, mit der der allgemeine Handlungsbedarf aufgezeigt werden kann. Die Entwicklung von informationssensitiven Verhaltensparametern für die Modellbildung sind in der Regel nicht möglich (vgl. KNAPP [Knap98a] oder FGSV [FGSV96]).

In hypothetischen Entscheidungssituationen können mit Hilfe eines experimentellen Designs veränderte Angebote und Rahmenbedingungen als Reizvorlage präsentiert und Testpersonen zu einer Wahlentscheidung aufgefordert werden. Diese SP-Methoden (Laborexperimente) ermöglichen die systematische Untersuchung von voraussichtlichen Verhaltensreaktionen in einer virtuellen Realität sowie von kausalen Zusammenhängen zwischen den Einflussfaktoren unter größtenteils kontrollierten Bedingungen. Um wirklichkeitsnahe Einschätzungen zu erhalten, können die Varianten neben der synthetischen Konstruktion der Entscheidungssituation Bezug zu den alltäglichen Mobilitätssituationen der Probanden aufweisen, die im Vorlauf als RP-Verfahren oder mit Hilfe retrospektiver Fragen erfasst werden. Als wesentlicher Nachteil der SP-Ansätze wird der fehlende Bezug auf das tatsächliche Verhalten und die mangelhafte Vorstellbarkeit des Nutzenvorteils neuer Systeme in Alltagssituationen erkannt [FGSV96]. Die wesentlichen Unterschiede der Verfahren wurden in Tabelle 1 einander gegenübergestellt. Ausführliche Darstellungen von SP-Methoden und deren Anwendung in der Verkehrsforschung sind z. B. in ORTÚZAR und WILUMSEN [OrWi90], AXHAUSEN [Axha95] [Axha03], LEE-GOSSELIN [LeGo96] oder PERCE et al. [PeÖz02] zu finden. Kritische Betrachtungen und die Einsatzgrenzen von SP-Methoden werden von KNAPP [Knap98b], AXHAUSEN und SAMMER [AxSa01] und JONES [Jone01] aufgezeigt.

Kriterium	Erhebungsverfahren für informationstechnische Maßnahmen		
	Revealed Preference		Stated Preference
	Feldversuch	Interaktives Messverfahren	Laborexperiment
Untersuchungsgegenstand	realisiertes Verhalten	hypothetisches Verhalten	
Zeitpunkt der Modellbildung	ex post	ex ante	
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> • produktives System • Wirkungskontrolle • tatsächliche Wahlhandlungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse neuartiger Systeme • interaktiver Diskurs • allgemeine Aussagen zum Handlungsbedarf 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse neuartiger Systeme • Variationsbreite der Attribute • realitätsnahe Entscheidungen
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> • kostenintensiv • Streuung der Eigenschaften vorgegeben • lange Erhebungsdauer/großer Stichprobenumfang • Korrelation zwischen Variablen 	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse eines Marktsegmentes • Interviewereinfluss • keine konkreten Entscheidungen • keine eindeutige Quantifizierung 	<ul style="list-style-type: none"> • antizipierte Verhaltensweisen • Auswahl der Eigenschaften subjektiv • fehlende Standardformate
Aufwand	--	++	+
Interaktion	--	+	++
Validität und Qualität der Daten	o/+	o	+
Realitätsnähe	++	-/o	+
Probandenbeanspruchung	o	+	+
Präsentationsform	o/+	o/+	++
Entwicklung von Verhaltensparametern	+	-	++

++: sehr gut +: gut o: mittel -: schlecht --: sehr schlecht

Tabelle 1: Vergleich zwischen Revealed- und Stated-Preference-Verfahren
(in Anlehnung an FGSV [FGSV96] und EMVEM [EMVE05])

Nichtsdestoweniger hat sich diese Form der Erhebung trotz der bekannten und sich aus den Laborbedingungen ergebenden Messprobleme im Prinzip bewährt. Inzwischen wurde aber erkannt, dass die Realitätsnähe der Antworten stark von der Präsentation und Vermittelbarkeit der Reizvorlagen und Auswahlentscheidungen abhängt. Speziell Maßnahmen, die in ihrer Art eine völlige Neuerung darstellen, leiden unter der fehlenden Betroffenheit der Probanden. Häufig wurden in verkehrswissenschaftlichen Fragestellungen die Auswahlalternativen in einem Fragenbogen oder auf Karteikarten pragmatisch einander gegenübergestellt, so dass eine realitätsnahe Situationsbeschreibung kaum möglich war. Deshalb liegt das Augenmerk der experimentellen SP-Ansätze in jüngster Zeit auf der Erkundung der Verhaltensreaktionen in einem virtuellen Umfeld, das einer künftigen Nutzungsumgebung nahekommt. Waren früher wirklichkeitsnahe Experimente noch mit erheblichen technischen Problemen verbunden, ist mittlerweile eine Reihe (multi-)medialer Präsentationsformen verfügbar. Mit

zunehmendem Einsatz von Softwareprodukten können unterschiedliche Wahrnehmungssinne (z. B. visuell und auditiv) angesprochenen und der Realitäts- und Reizgehalt in den Entscheidungssituationen erhöht werden (vgl. SATTLER [Satt06]).

Ergebnisse aus den Forschungsprojekten „Direct“¹⁹ und „eu-spirit“²⁰, in denen animierte Sequenzen zur Verwendung neuer Dienste in bekannten Situationen quasi in Form eines Werbefilms den Probanden gezeigt wurden, lassen erkennen, dass diese die (neuen) Informationsdienste durchaus positiv einschätzten und aus ihnen einen allgemeinen Nutzen für sich ableiteten. Jedoch scheint bei Reizvorlagen mit einer im Vorhinein äußerst positiven Darstellung von Diensten und der Betrachtung von isolierten Einzelentscheidungen in der Erhebung eine hohe Diskrepanz zwischen der Einschätzung der Probanden und deren realen Handlungen zu existieren.

Computerbasierte Simulatoren wurden zunächst für Fragestellungen eingesetzt, die das Routenwahlverhalten bei unterschiedlichen Verkehrsbelastungen und die Effekte von Echtzeitinformationen auf das Verkehrsnetz im MIV untersucht haben. Im Gegensatz zu klassischen SP-Erhebungen, bei denen zumeist einzelne Wahlentscheidungen beobachtet werden, wird das Entscheidungsverhalten über einen längeren Zeitraum erfasst (vgl. *Car-Use Pattern Interview Game* (CUPIG) [LeGo96]), IGOR (*Interactive Guidance on Routes*) [BoPa90] oder CHEN [ChMa93]). Komplexe virtuelle Simulatoren, die in Echtzeit physikalische Abläufe und Situationen abbilden, um möglichst viele Wahrnehmungssinne realitätsgetreu anzusprechen, sind z. B. Flugsimulatoren. Nach determinierten Spielregeln werden typische Situationen eines Ausschnitts der als authentisch wahrgenommenen Realität simuliert, um die Wirksamkeit neuer Maßnahmen oder Problemursachen zu erfassen und sinnvolle Handlungsstrategien abzuleiten [Zilk01].

Hier setzt die Spieltheorie an, die die Abhängigkeiten und Strategien interagierender Akteure in simulierten Entscheidungssituationen in den Blick nimmt, weshalb sie im *Operations Research* breite Anwendung findet, weil mit ihr optimierte Lösungswege erarbeitet und Komplexitäten reduziert werden können. Durch Kooperationen, direkte Anreize oder Informationen entstehen veränderte Verhaltensmuster, die zum Teil unbewusst auftreten. Auch für spezielle verkehrsplanerische Zwecke hat sich der spieltheoretische Ansatz bewährt. SELTEN und SCHRECKENBERG et al. [SeSc02] wandten einen spieltheoretischen Ansatz in einer einfachen Situation als Simulationsexperiment für Routenwahlentscheidungen unter Informationsinfluss an.

¹⁹ Siehe <http://www.netzwerk-direct.de>.

²⁰ Siehe <http://www.eu-spirit.com>.

Ein methodischer Ansatz mit vielfältigen Anwendungsfeldern, z. B. in den Bereichen Ökonomie, Innovationsforschung, Soziologie oder Psychologie, ist die Planspielmethode, mit der ein typischer Ausschnitt sozialer Wirklichkeit abgebildet wird. Ausgehend von einem Konflikt werden Entscheidungsspielräume und relevante Faktoren in spezifischen Szenarien erlebbar. Die Akteure übernehmen in der virtuellen Realität eine ihnen zugewiesene Rolle, in der sie ihre Interessen vertreten. Unterschiedliche Situationen verlangen Reaktionen und Entscheidungen, so dass Handlungsergebnisse und Konsequenzen zeitnah reflektiert werden und das Experimentieren mit Alternativen in einen Lernprozess mündet [OrVr03][SoWi07]. Die Anwendung von Planspielen bei verkehrsrelevanten Fragestellungen ist in Deutschland neu, da der Entwicklungsaufwand relativ groß ist, um einen virtuellen Raum mit komplexen Entscheidungssituationen mittels Modellen nachzubilden. Erste Ansätze wurden mit der multimedialen Stadtverkehrssimulation MOBILITY [KrGr01] zur Erklärung von mobilitätsbezogenen Wirkungszusammenhängen und zur Überprüfung wettbewerbstauglicher Organisationsformen im ÖPNV [Difu04] erprobt. Jedoch werden z. B. in MOBILITY weder Daten des Benutzers gespeichert noch seine Entscheidungen protokolliert.

Bei der Anwendung von Erhebungsinstrumenten auf Basis von hypothetischen Entscheidungssituationen und Präferenzdaten ist zu beachten, dass zwischen der Einschätzung und dem tatsächlichen Verhalten Diskrepanzen auftreten können. Ein Aspekt hierbei ist, dass die Probanden nicht unmittelbar mit den Konsequenzen ihrer Entscheidung konfrontiert werden. Es werden Alternativen im „Labor“ gewählt, die sie im realen Fall aufgrund der Rahmenbedingungen nicht realisieren würden. So können Probanden in einem Planspiel z. B. leicht zum Radfahrer bei Regen werden, da die Auswirkungen nicht real spürbar sind. SATTLER und NITSCHKE [SaNi01] zeigen in einer empirischen Studie zum Vergleich von Zahlungsbereitschaften auf, dass die hypothetischen Zahlungsbereitschaften signifikant höher als die realen sind. In Abhängigkeit vom Erhebungsinstrument liegen die Unterschiede zwischen 15 % und 30 %, was generell auf einen *Hypothetical Bias* in der gemessenen Verhaltensabsicht zurückzuführen ist.

3.3 Modelle zur Beschreibung der Einflüsse von Informationen auf das Verkehrsverhalten

Das Ziel der informationssensitiven Modellierung liegt in der Erweiterung bestehender Werkzeuge um Verhaltensparameter für verkehrstelematische Maßnahmen, mit denen die Nutzerakzeptanz von IT-Systemen und die Auswirkung auf das Verkehrsverhalten abgebildet werden können. Eine große Anzahl an Forschungsarbeiten beschäftigt sich mit den Effekten von *advanced traveler information systems* (ATIS) auf die Routenwahl (vgl. KHATTAK et al. [KhYi99] oder VAN BERKUM et al. [BeMe99]) und/oder die Wahl des Abfahrtszeitpunktes

(vgl. LIU und MAHMASSANI [LiMa98] oder CHEN et al. [ChMa99]). Dabei zielen viele Untersuchungen auf die Nutzergruppe der Pendler, die durch Echtzeitinformationen einen umfassenden Kenntnisstand über das Verkehrssystem bekommen und ihr Verkehrsverhalten räumlich, zeitlich oder modal anpassen können. Eine detaillierte Literaturrecherche findet sich bei LAPPIN und BOTTOM [LaBo01].

Veränderungen des Verkehrsverhaltens infolge von Informationen über Verkehrsstörungen und Verspätungen auf der alltäglich genutzten Route vor Antritt der Fahrt haben KHATTAK et al. [KhBe96] in der *San Francisco Bay Area* untersucht. Basierend auf einer kombinierten RP/SP-Erhebung wurde ein Modell geschätzt, das Wirkungen von Informationssystemen auf das Verkehrsverhalten quantifiziert. Als Reaktionsmöglichkeiten standen die zeitliche Verschiebung der Abfahrtszeit, der Wechsel der Route oder des Verkehrsmittels sowie die Verwerfung der Fahrt zur Auswahl. Um die Informationskomponente abzubilden, haben die Autoren sie in Abhängigkeit von der Qualität und des Mediums als erklärende Variable in die Nutzenfunktion eines multinomialen Logit-Modells integriert.

In einem interaktiven Laborexperiment untersuchen SRINIVASAN und MAHMASSANI [SrMa01] den Einfluss unterschiedlicher Qualitätsstufen und Arten von Informationen bei der Routenwahl auf dem Weg zur Arbeit innerhalb eines Zeitraums von 12 Tagen. Die Autoren erweitern den Modellansatz mit Komponenten der subjektiven Wahrnehmung und Einschätzung, um kognitive Entscheidungsprozesse unter Echtzeitinformationen abzubilden. Neben der Verfügbarkeit und Qualität von Informationen wird die wahrgenommene Reisezeit als Verhaltensparameter in die Nutzenfunktion aufgenommen und die Routenwahlentscheidung mit einem Kernel-Logit-Modell geschätzt.

Mittels einer SP-Befragung hat KLASSEN [Klass01] ein ökonometrisches Nachfragemodell für die Abschätzung der verkehrlichen Wirkung eines Informationssystems für die Planung von Freizeitmobilität entwickelt und quantifiziert. In einem zweistufigen Modellansatz (multinomialen Logit-Modell und Nested-Logit-Modell) werden Entscheidungen über die Dauer des Ausfluges und die Zielwahl nachgebildet. Die Einflussfaktoren der Informationen über den Verkehrszustand und die Witterung sind als binäre Variablen Bestandteil der Nutzenfunktion.

MOLIN und TIMMERMANN [MoTi02] untersuchen in einem Stated-Choice-Experiment das Informationsverhalten von Nutzern öffentlicher Verkehrsmittel, indem die Probanden Entscheidungen zwischen verschiedenen Informationssystemen, die in der Detailtiefe und der Kostenstruktur variieren, treffen. Mit einem multinomialen Logit-Modell eruieren die Autoren die Wichtigkeit einzelner Komponenten (z. B. Echtzeitinformationen oder Ticketkauf), die Zahlungsbereitschaft und das Medium für ein ÖPNV-Informationssystem.

Basierend auf einem zweistufigen Befragungsverfahren (RP- und SP-Verfahren) ermitteln RÖSCHEL und GRUBER [RoGr05] in Szenarien (Pre-Trip- und On-Trip-Informationen) Ver-

haltensreaktionen auf Reiseinformationssysteme. Für die Nachfrageprognose werden Verkehrsverhaltensparameter für verkehrstelematische Maßnahmen entwickelt und in bestehende Modellansätze integriert. Die Modelle für die Wahl des Verkehrsmittels, der Verschiebung der Abfahrtszeit und der Reduktion des Reisezeitpuffers bilden das Verhalten des Individuums in Form von diskreten Wahlentscheidungen ab und werden als multinomiales Logit-Modell umgesetzt. Auf dem RP-Datensatz wurden die Modelle für den Status-quo-Fall kalibriert und die Modellrechnung mit veränderten Informationsvariablen durchgeführt. In Abhängigkeit von der Marktdurchdringung der Informationssysteme werden verschiedene Planfälle quantifiziert. Das Verfahren ist in Abbildung 9 ersichtlich.

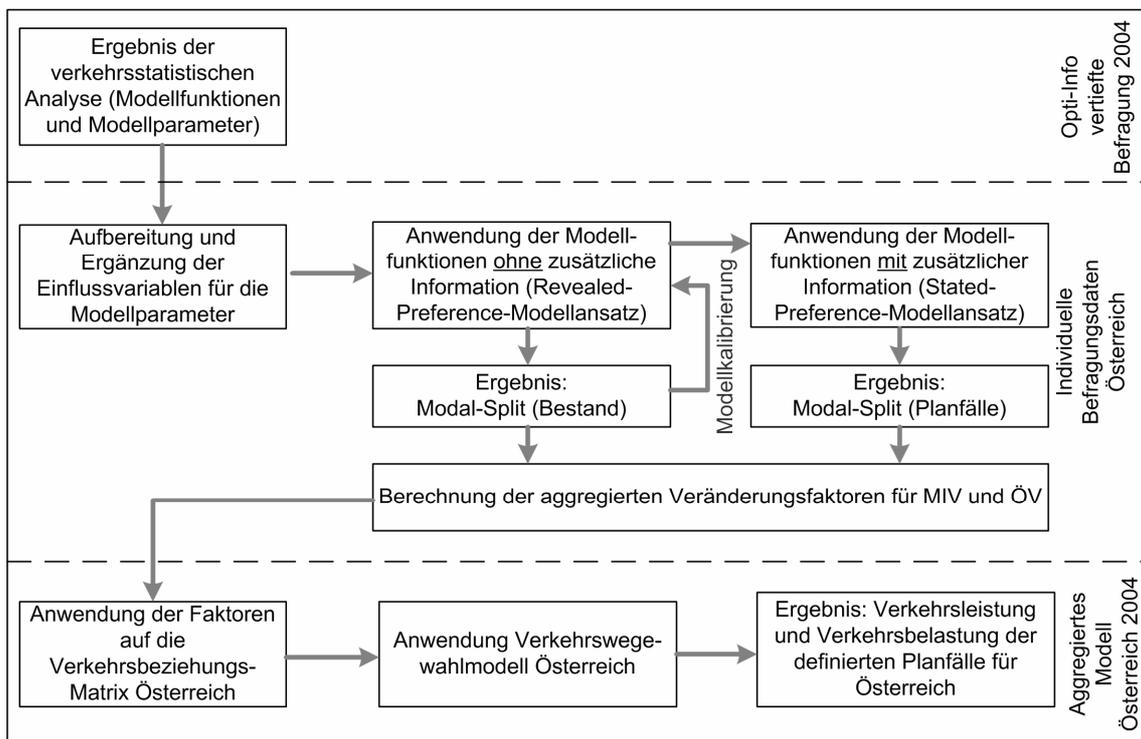


Abbildung 9: Modellansatz der Fallstudie Österreich [RoGr05]

3.4 Befunde zur Wirkung von Informationssystemen

Die verkehrlichen Auswirkungen von Telematik- und Informationssystemen wurden zunächst im motorisierten Straßenverkehr im Hinblick auf Befolgungsgrade und Routenwahlverhalten analysiert. STEINAUER et. al. [Stein01] und BECKMANN et. al [Beck01] erwarten, dass zwischen 5 % und 30 % der Verkehrsteilnehmer tatsächlich auf kollektive und individuelle Empfehlungen reagieren. In einer von MATSCHKE [Mats05] durchgeführten Simulationsrechnung ergeben sich durch Informationen Reduzierungen der Reisezeit von maximal 14 %.

Zahlreiche Forschungsprojekte und Studien haben in der Vergangenheit versucht, IT-Systeme im ÖPNV durch Befragungen oder Modellrechnungen zu evaluieren. Während viele

Untersuchungen den Schwerpunkt auf die grundsätzliche Bereitschaft des Kunden legen, Informationen zu nutzen oder für sie zu zahlen, gibt es kaum Arbeiten, die sich mit den tatsächlichen Nachfrageeffekten beschäftigen. Vielfach unerforscht bleiben die Wechselwirkungen zwischen MIV und ÖPNV. Dass nicht nur die Qualität des Angebots, sondern auch Informationen einen entscheidenden Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl haben, zeigen Erhebungen des VDV²¹ [VDV93] und des Projektes RUDY [Rudy06a]. Danach finden zwischen 17 % und 18 % aller Wege aufgrund mangelnder Informationen nicht mit dem ÖPNV statt. Dieser Nachholbedarf im Kommunikationsbereich wird durch die vermehrte Bereitstellung von dynamischen Informationsdiensten immer mehr abgedeckt, so dass die Erwartung an deren Wirksamkeit stetig zunimmt.

Im Rahmen einer Haushaltsbefragung hat die SNV²² 1983 [SNV83] herausgefunden, dass durch ein elektronisches Auskunftssystem für den öffentlichen Nahverkehr bis zu 5 % Umsteiger von anderen Verkehrsmitteln gewonnen werden können. Die verkehrlichen Wirkungspotenziale von Informationssystemen wurden im STORM-Projekt in umfangreichen Erhebungen evaluiert. So sind 17 % der Befragten prinzipiell bereit, aufgrund von Informationen vor Antritt der Fahrt zum ÖPNV zu wechseln. Durch die modellhafte Einführung von Informationssystemen und dynamischen P+R-Informationen wurde ein leichter Anstieg des ÖPNV-Anteils von einem Prozentpunkt gemessen [MVU96].

ANGERMÜLLER [Ange06] erweitert Aspekte der Kundenzufriedenheit um einen individuellen choice-based Conjoint, um die Bewertung von Verbesserungsmaßnahmen zu quantifizieren und einen Zusammenhang zwischen Kundenzufriedenheit und Verkehrsmittelwahl herzustellen. Dabei haben weiche Faktoren, zu denen auch Informationen subsumiert werden, insgesamt einen Einfluss von 8 % auf die Verkehrsmittelwahlentscheidung.

Eine umfangreiche empirische Evaluationsstudie zur Akzeptanz innovativer Verkehrsinformationssysteme auf allen Entwicklungsstufen, einschließlich deren Umsetzung, beinhaltete das Projekt BAYERNINFO (vgl. NEUHERZ et al. [NeSc00]). Hier wurden neben einer bevölkerungsrepräsentativen Befragung auch Gruppendiskussionen, Expertengespräche, Interneterhebungen und Feldtests durchgeführt. Die generelle Nutzungsbereitschaft von individuellen verkehrsträgerübergreifenden Informationsdiensten (PTA) liegt bei 56 %, wobei Verhaltensänderungen im Wesentlichen im Hinblick auf die Wahl der Abfahrtszeit und veränderte Routenwahlentscheidungen zu erwarten sind. In einer Modellrechnung wurde das zukünftige Potenzial der Nutzer von dynamischen Verkehrsinformationen über PTA auf 14 % der Gesamtbevölkerung Bayerns geschätzt. Die Wirkungsanalyse hat in diesem Zusammenhang

²¹ Verband Deutscher Verkehrsunternehmen.

²² Studiengesellschaft Nahverkehr.

ergeben, dass ca. 1,4 % aller Wege beeinflusst werden können. Bei etwa einem Fünftel dieser Wege ergibt sich eine Wechselbereitschaft vom MIV zum ÖPNV, was insgesamt eine Erhöhung der Personenfahrten um 1,2 % im ÖPNV bedeutet [KePo01][KeNe02]. In einer Szenariostudie beziffern KÄMPF und KELLER [Arge01][KäKe02] die Wirkungen von Telematikanwendungen, wie z. B. dynamische Fahrgastinformationen an der Haltestelle und bedarfsorientierte ÖV-Angebote, auf lokale Fahrgastzuwächse zwischen 3 % und 10 %.

ARNDT et al. [ArSt01] weisen in einem Feldversuch mit einer Vorher-/Nachher-Befragung in Hofheim ebenfalls positive Auswirkungen von dynamisch WAP-basierten Informationen über Mobilfunkgeräte nach. Infolge der dynamischen Fahrgastinformation sind 11 % aller Probanden häufiger mit dem ÖPNV und 7 % zu anderen Zeiten gefahren. Mit einem empirischen Multimethodenkonzept haben FRANKEN et al. [FrLe04][FrLu05] in dem Projekt RAVE grundlegende Erkenntnisse zur Akzeptanz von Verkehrsinformationssystemen gewonnen. Aufbauend auf einem Expertenworkshop wurden die erarbeiteten Hypothesen in einer repräsentativen CATI-Erhebung (*Computer Aided Telephone Interview*) überprüft. Anschließend wurden konkrete Informationsangebote in einer Online-Conjointanalyse präsentiert und Tiefeninterviews durchgeführt. Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass zwischen der Bekanntheit und der Nutzung von Informationsdiensten eine starke Diskrepanz liegt.

Innerhalb des Projekts GoTiC wurden frühzeitig detaillierte Evaluierungen zu den Informationsbedürfnissen der Verkehrsteilnehmer mit der Produktentwicklung von Echtzeitinformationssystemen im ÖPNV verknüpft. Über mehrere Jahre sind zahlreiche Vorher-/Nachher-Untersuchungen während der Installierung und Inbetriebnahme der Systeme in Göteborg durchgeführt worden. Nach KABJÖRN [Kabj02][Kabj03] konnte durch die gestiegene Qualität und Attraktivität des ÖPNV-Systems ein Wachstum von 2 % mehr Fahrten im ÖPNV erreicht werden. Die konsequente Einführung von Echtzeitinformationen in der *San Francisco Bay Area* führte zu einem komfortablen und verlässlichen ÖPNV-System. Auf einzelnen Relationen konnten bis zu 14 % mehr Fahrgäste beobachtet werden [Schm02]. LEHTONEN und KULMAKA [LeKu01] evaluierten mit Befragungen und Interviews eine Pilotstudie in Helsinki, in der Telematikkomponenten wie Echtzeitinformationssysteme, ÖPNV-Priorisierung und Abfahrtszeitmonitore der Öffentlichkeit demonstriert wurden. Neben der Steigerung des Reisekomforts für die Kunden konnte ein Anstieg der Nutzungshäufigkeit von 10 % im ÖPNV nachgewiesen werden.

Mit einer computerbasierten Simulation von Informationssystemen untersuchten POLAK und JONES [PoJo93] den Entscheidungsprozess bei der Inanspruchnahme von Informationen und die Wirkungseffekte von Pre-Trip-Informationen auf das Verkehrsverhalten. Indikatoren wie z. B. die Wahl der Abfahrtszeit und die Informationsbeschaffung werden in einem multinomialen Logit-Modell integriert, um den Einfluss auf das Ranking von Verkehrsmittelpräfe-

renzen zu determinieren. Die Autoren kommen zu der Schlussfolgerung, dass ein Verkehrsmittelwechsel zum ÖPNV vom Abrufen aktueller Informationen, desgleichen aber von Raumstrukturen, Aktivitätszwecken und persönlichen Einstellungen der Verkehrsteilnehmer beeinflusst wird. Den Einfluss von Nutzerinformationen auf die Verkehrsmittelwahl bildet SCHWARZMANN [Schw95] in verschiedenen Simulationsfällen ab. Dabei zeigt sich, dass die Verfügbarkeit von dynamischen Informationen im öffentlichen Verkehr den ÖV-Anteil am Modal-Split um über 6 Prozentpunkte ansteigen lässt. Die Abschöpfung des gesamten Potenzials ist jedoch nur mit gleichzeitiger Verbesserung des ÖPNV-Angebotes erreichbar. In dem bereits vorgestellten Simulationsansatz (vgl. Kapitel 3.3) von RÖSCHEL und GRUBER [RoGr05] wird eine Steigerung der ÖV-Wegeanzahl um 2,5 % für das Szenario „realistische Marktdurchdringung von Reiseinformationen“ prognostiziert.

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie wurde von DZIEKAN [Dzie05] eine Expertenbefragung über mögliche Verlagerungspotenziale durch IT-Anwendungen durchgeführt. Die Experten erlangten keine Einigkeit darüber, ob überhaupt messbare Effekte vorhanden seien, und verwiesen auf eine zu geringe Anzahl objektiver Studien. Nur von einem Experten wurde das Potenzial des Fahrgastzuwachses auf bis zu 5 % geschätzt. Eine ähnliche Zurückhaltung kommt auch in dem Ergebnis einer Expertenbefragung von ABAY und MEIER [AbMe03] zum Ausdruck.

Einen guten Überblick über den Stand der Forschungen im internationalen Kontext geben PICCO [Picc02], ABAY und MEIER [AbMe03] sowie DZIEKAN [Dzie04]. Die Autoren vergleichen verschiedene Informationssysteme miteinander und stellen die Ergebnisse der Evaluierungen prägnant dar. Die Autoren leiten fast identische Schlussfolgerungen aus ihren Recherchen ab. Ein direkter Einfluss von Informationssystemen auf die Verkehrsmittelwahl ist kaum erkennbar. Vielmehr werden Komfortsteigerungen und Zeitgewinne für den Kunden erwartet.

3.5 Implikationen für die Modellspezifikation

Die aufgeführten Studien unterstreichen die Unschärfe bei der Abschätzung von Wirkungspotenzialen von Informationssystemen und die Diskrepanz zwischen den Erwartungen und möglichen Wechselwirkungen zwischen Individualverkehr und öffentlichem Verkehr. Aus Sicht eines Verkehrsunternehmens stellt es jedoch einen beträchtlichen Unterschied dar, ob im ÖV ein Zuwachs von 1,2 % oder von 14 % verzeichnet werden kann.

Mit RP- und/oder SP-Verfahren als klassische Befragung oder Laborexperiment gewinnen die Forscher ihre Datengrundlage und entwickeln ökonometrische Modelle für die Abschätzung der Verhaltensreaktionen. Solche Erhebungen sind häufig jedoch unzureichend, denn

auf ihrer Grundlage können zum einen weder verlässliche Informationen aus einer konkreten persönlichen und verkehrlichen Situation eingeholt noch entsprechende Entscheidungen getroffen werden. Genau diese Datenqualität ist aber für eine informationssensitive Modellierung erforderlich.

Das wesentliche Ziel dieser Arbeit liegt in der Evaluierung und Modellierung des ÖV-Marktes unter Berücksichtigung der Einflüsse von IuK-Technologien. Resultierend aus den in den vorherigen Kapiteln dargestellten methodischen Grundlagen wird die Entwicklung des Modellansatzes vorgenommen. Als Messinstrument für IuK-Technologien wird ein Verfahren aus SP-Ansätzen mit wirklichkeitsnahen Entscheidungssituationen und einstellungsorientierten Fragen verwendet. Aus diesen Daten wird ein mikroskopisches Modell abgeleitet und in ein vorhandenes Nachfragemodell implementiert. Infolge der vorhandenen Defizite soll mit dem nachfolgend vorgestellten Wirkungsmodell die vorhandene Unsicherheit über Wirkungspotenziale von IT-Maßnahmen im öffentlichen Verkehr reduziert werden.

4 Entwicklung eines Messinstrumentes

Aufbauend auf den in Kapitel 3.2 beschriebenen Messinstrumenten für verkehrstelematische Anwendungen wird ein neuartiger Erhebungsansatz zur Gewinnung einer qualitativ hochwertigen Datengrundlage entwickelt und umgesetzt. Im Folgenden wird das methodische Konzept erläutert und das Prinzip des Erhebungstools aufgezeigt.

4.1 Evaluationsansatz

Der Evaluationsansatz basiert im Wesentlichen auf Erkenntnissen des BMBF-Forschungsprojektes RUDY (siehe Kapitel 2.4) und wurde von 2001 bis 2005 für die Region Ulm entwickelt. Einer der zentralen Aspekte des Teilprojekts zur Bestimmung der Nachfragerwirkung von Informationsdiensten lag in der Bereitstellung einer geeigneten empirischen Datenbasis für mathematische Modellierungen. In Abbildung 10 ist das Konzept des multi-methoden-orientierten Erhebungsansatzes in drei Blöcken dargestellt.

Zustand ohne Maßnahme	Zustand ohne/mit Maßnahme	Zustand mit Maßnahme
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Haushalts- und Personenfragebogen ➤ 2-wöchige Erhebung ➤ Wochenterminplan und Wegetagebuch ➤ Bedarfsanalyse informationstechnischer Maßnahmen ➤ Retrospektivanalyse störungsbedingter Entscheidungsprozesse 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planspielsimulation (SP-Gaming) ➤ Fragen zur persönlichen Einstellung hinsichtlich Akzeptanz und Nutzungsabsichten von Informationsdiensten 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tiefeninterviews ➤ Logfile-Analyse ➤ Vergleich der Maßnahmenwirkung <p style="text-align: center;">Kontrollgruppe</p>

Abbildung 10: Erhebungsmethodik

Im Rahmen einer Vorherbefragung zur Situationsanalyse (Revealed-Preference-Methode) führten Personen zwei Wochen lang eine Art Terminkalender (vgl. Kapitel 4.3.2), in den sie ihre geplanten Aktivitäten und Verkehrsmittel eintrugen. Am Ende des Tages wurden zusätzlich die tatsächlich durchgeführten Aktivitäten und Wege dokumentiert [Witt03]. Diese Daten wurden später eingesetzt, um die virtuelle Realität im Planspiel (SP-Gaming) bestmöglich auf bekannte Situationen des Probanden abzustimmen. Zusätzlich entstanden infolge einer retrospektiven Analyse Erkenntnisse über Verhaltensreaktionen und Erfahrungshintergründe in einem durch Informationen beeinflussten Entscheidungsprozess. Ein zentraler Aspekt dieser Arbeit ist die Entwicklung und Durchführung der Planspielerhebung, die nachfolgend detailliert beschrieben wird. Im letzten Block der Erhebungsmethode wurden Tiefeninterviews mit Nutzern der im Feldversuch vorgestellten Informationsdienste durchgeführt sowie Logfiles

der technischen Systeme analysiert. Im Rahmen dieser Arbeit wird der Erhebungsblock nicht weiter vertieft (siehe Schlussbericht RUDY [Rudy06a][Rudy06b]).

4.2 Konzeption und Struktur der Planspielerhebung

Die Wirksamkeit von Iuk-Technologien hängt stark von Vertrauenseigenschaften und Akzeptanzwerten ab, die durch positiv und negativ erlebte Erfahrungen aufgebaut werden. Speziell Maßnahmen, die in ihrer Art eine Neuerung darstellen und für die keine vergleichbaren Erfahrungen gesammelt werden konnten, leiden unter der fehlenden Willensbekundung und Betroffenheit der Probanden. Diese sind zwar in der Lage, einen neuen Informationsdienst in seiner Art und Technik zu verstehen, doch können sie seine potenzielle Wirksamkeit in anderen Situationen nicht einschätzen. Die Ableitung eines Nutzenvorteils für tägliche, meist routinisierte Entscheidungsprozesse übersteigt in aller Regel die Vorstellungskraft der Befragten. Traditionelle Messmethoden stoßen hier an Grenzen, diese Einflüsse zu quantifizieren.

Eine Betrachtung isolierter Ereignisse, wie sie oftmals bei hypothetischen Befragungsmethoden angewandt wird, weist als Ergebnis zumeist eine positive Grundeinstellung und eine hohe Nutzungsabsicht von Informationsdiensten aus. Eine Differenzierung danach, ob ein Informationsdienst nur einmal ausprobiert oder mehrmals genutzt wurde, findet jedoch nicht statt. Zudem werden schnell Grenzen der Wahrnehmung erreicht, wenn Probanden sich wiederholt mit demselben Inhalt auseinandersetzen müssen und es ihnen aufgrund der Abstraktion schwerfällt, sich in die Situationsbeschreibung hinzusetzen.

An dieser Stelle setzt die oben beschriebene Erhebungsmethode an. Zum einen soll mit diesem Konzept geringen Fallzahlen echter Teilnehmer, dem langsamen Adaptionsprozess und den Systemmängeln in einem Feldversuch entgegengewirkt werden. Zum anderen soll ein Messinstrument bereitgestellt werden, mit dem auch ohne den kostenintensiven Aufbau eines Demonstrators Wirkungen informationstechnischer Maßnahmen abgeschätzt werden können. Das Ziel des Planspiels besteht nicht darin, den Probanden zwischen vorgegebenen Alternativen entscheiden zu lassen, sondern das Verhalten zu erfassen, das unter Einfluss von zeitaktuellen Informationsdiensten innerhalb eines simulierten Planspielzeitraums von zwei Wochen organisiert und optimiert wird. Aus den obigen Überlegungen wurde die Erhebung als Planspielsimulation mit Zusatzfragen, nach der Theorie des geplanten Verhaltens (TOPB) von AJZEN [Ajze91] zu einstellungsorientierten Verhaltenspräferenzen, realisiert.

Bei der Entwicklung der Planspielsimulation kommt der Vermittelbarkeit und der Begreifbarkeit der vorgestellten Planungs- und Auswahlentscheidungen eine besondere Bedeutung zu. Es soll eine möglichst hohe Identifikation der Probanden mit der virtuellen Situation erreicht werden. Ausgangspunkt ist eine Befragung nach dem CHASE-Ansatz (*Computer Household*

Activity Scheduling Elicitor) zur Messung von Planungs- und Entscheidungsprozessen von DOHERTY [Dohe00]. Das darauf basierende interaktive Planspiel, mit dem Einflussfaktoren und Verhaltensreaktionen aufgezeigt werden, liefert wiederum die Datengrundlage für die mathematische Modellierung der Effekte von Informationssystemen. Um die Vorstellbarkeit der Entscheidungssituationen zu erhöhen, fließen reale Verhaltensdaten zur Planung von Aktivitäten aus der bereits angesprochenen Vorherbefragung in die Konfiguration des Planspiels ein (siehe Abbildung 11). Für die Erhebung wurden zwei unterschiedliche Szenarien (Status quo und Innovation) entwickelt, die aufbauend auf einem Wochenterminplaner Planungsprozesse sowie Informations- und Verkehrsmittelwahlentscheidungen von den Probanden erfordern. Die Differenzierung der Szenarien erfolgte nach der Qualität der Informationsdienste sowie dem Angebot öffentlicher Verkehrsmittel.

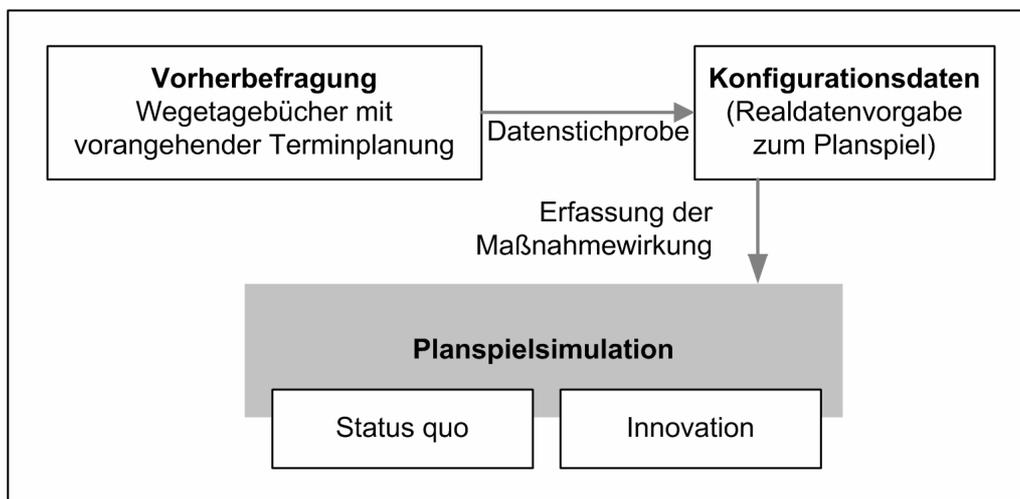


Abbildung 11: Konzept der Planspielerhebung

Der Proband erkennt Details seines Mobilitätsverhaltens im Planspiel wieder und entwickelt durch die Nutzung neuer Informationsdienste veränderte Entscheidungsregeln. Infolge der kontrollierten Simulation der virtuellen Realität und der Ausblendung von systematischen Verzerrungen durch exogene Einflüsse können kausale Zusammenhänge empirisch abgesichert sowie Effekte der Verhaltensänderung gemessen werden.

Aufgrund der vielfältigen Entscheidungsverzweigungen, Informationsstrukturen und Konfigurationsprozesse wird ein computergestütztes Erhebungsdesign der interaktiven Planspielsimulation gewählt. Der Entwicklungsprozess des empirischen Designs wird nach RICHARDSON et al. [RiMe95] maßgeblich im Spannungsfeld zwischen Budget, Qualität und Quantität determiniert. Eine Optimierung aller drei Faktoren ist im Planspiel nicht möglich. Stattdessen ist durch eine Abwägung des Nutzens jedes Faktors unter Berücksichtigung der Randbedingungen ein individuelles Optimum anzustreben.

Die Struktur der Erhebung ist in Abbildung 12 schematisch illustriert. Über einen zweistufigen Anwerbeprozess (Anschreiben und Telefonscreening) wurde die Stichprobe nach soziode-

mografischen Merkmalen, Raumstrukturen und Zeitkartenbesitz geschichtet. Nach jeder Planspielrunde, die jeweils ein Szenario abbildet, folgt ein Fragenblock zur Einstellung und Wahrnehmung von öffentlichen Verkehrsmitteln und Informationsdiensten. Das Szenario Status quo entspricht der heutigen Situation (Ohne-Maßnahmen), das Szenario Innovation einer zukünftigen Situation (Mit-Maßnahmen).

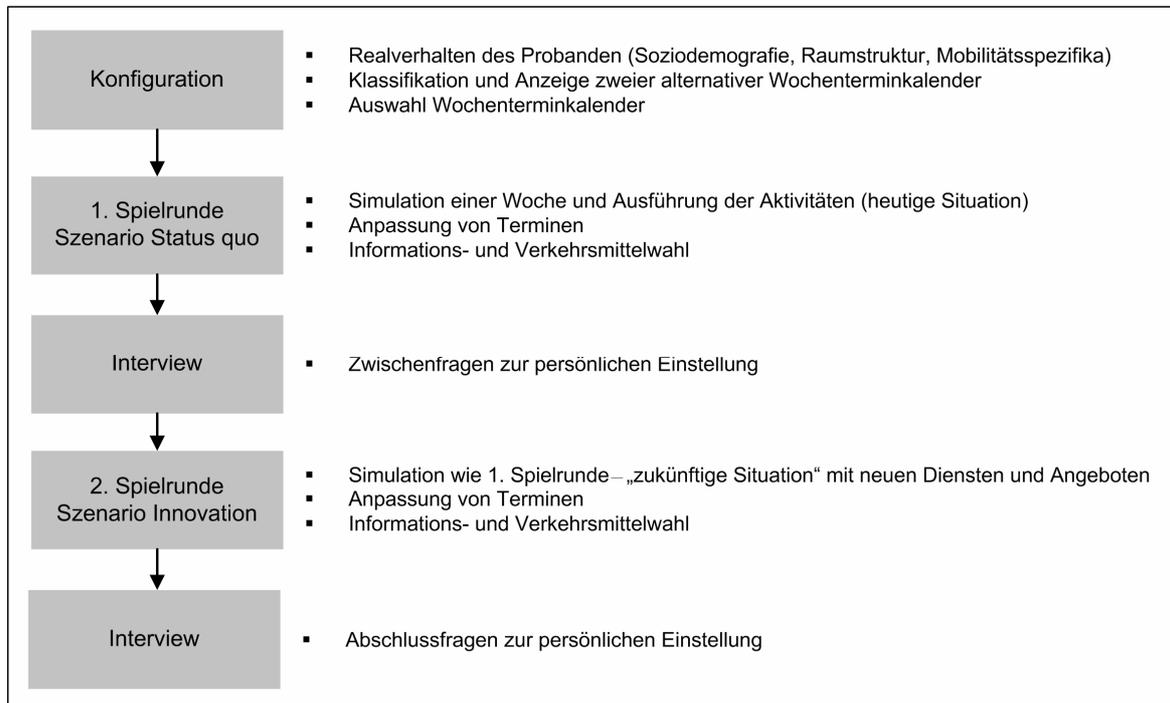


Abbildung 12: Struktur der Planspielerhebung

Die Planspielerhebung fand vor Ort bei den Probanden oder in einem Interviewerstudio (Zukunftslabor) statt, in dem bis zu fünf Probanden simultan befragt wurden. Trotz der relativ schwer erreichbaren Lage des Labors außerhalb des Stadtzentrums von Ulm wurde es von fast 40 % der Probanden aufgesucht, was die positive Annahme dieser Installation verdeutlicht und aufzeigt, dass ein Teil der Probanden mehr Aufwand in Kauf nimmt, um die Anonymität des privaten Umfeldes zu wahren [Rudy06a][Rudy06b].

4.3 Technisches Konzept und Konfiguration der Planspielsimulation

4.3.1 Technisches Konzept

In der computeranimierten Planspielsimulation wurde die räumliche Umgebung des Probanden über mediale Präsentationsformen virtuell nachempfunden, um den Realitäts- und Reizgehalt zu erhöhen. Hierzu wurde die Entscheidungssituation nicht nur mit Worten und Zahlen, sondern mittels animierter Fotosequenzen und quasi-realer Darstellung der Informationsdienste vorgestellt. Die Entwicklung und Implementierung der Planspielsimulation wurde

als webbasierte Anwendung in PHP mit einer integrierten Datenbank in MySQL realisiert. Über eine Eingabemaske konnten die Eingangsgrößen²³ parametrisiert und der Simulationsablauf an regionale Rahmenbedingungen kalibriert werden.

4.3.2 Terminplanung

Erste Versuche, Planung- und Entscheidungsprozesse zu messen, wurden mit dem bereits vorgestellten computergestützten Erhebungsinstrumentarium CHASE durchgeführt. Aufbauend auf diesem Konzept wurde ein Wochenplaner (siehe Anhang Abschnitt 3-Abbildung 47) als Planungsagenda entwickelt, in dem Aktivitäten und tägliche Anpassungen dokumentiert sind. Im Vorfeld führten Personen aus dem Untersuchungsgebiet über zwei Wochen einen ausführlichen Terminwochenplaner und protokollierten am Ende des Tages ihre tatsächlich durchgeführten Wege. Die Ergebnisse wurden bereits in WITTOWSKY et al. [Witt03] [Rudy06b] veröffentlicht.

Das (geplante) Aktivitätsmuster wird aus den Wochenplänen extrahiert und in Abhängigkeit von demografischen, sozioökonomischen und raumstrukturellen Faktoren in 84 Kategorien zusammengefasst. In Abhängigkeit von der Beantwortung der Eingangsfragen des Planspiels werden aus diesen Aktivitätsgrundmustern in der untergelegten Datenbank zwei Terminpläne für die kommende Woche ausgewählt und angeboten. Als diskriminierende Variable mit der höchsten Priorisierung wird neben der Raumstruktur (2 Klassen [Stadtkreis Ulm, Alb-Donau-Kreis]) der Erwerbsstatus (5 Klassen [Rentner, Ausbildung, Vollzeit, Teilzeit, Hausfrau]) gewählt. Danach werden je nach Ausprägung als weitere Kriterien die Pkw-Verfügbarkeit (2 Klassen [Ja, Nein]), Haushaltsgröße (2 Klassen [Single-Haushalt, Mehrpersonenhaushalt]) und die Anzahl Kinder unter 10 Jahren (3 Klassen [0, 1, ≥ 2]) in das regelbasierte Auswahlverfahren integriert. Alle Entscheidungssituationen und Wahlhandlungen in der Planspielsimulation bauen anschließend auf diesem Aktivitätsmuster als Wochenterminplaner auf. Anhand der realen Weglängeverteilungen der Probanden zu den Zielorten ihrer Pflichtaktivitäten (z. B. Arbeit oder Ausbildung), den so genannten Polzellen (vgl. WAßMUTH [Waßm01]), wird eine wirklichkeitsnahe Abbildung der Pendelwege erreicht. Die restlichen Zielzonen zur Ausübung freiwilliger Aktivitäten aus dem Wochenplan werden im Planspiel mit einem Gravitationsmodell simuliert.

4.3.3 Verkehrsmittelalternativen

Bei der Verkehrsmittelwahl stehen in Abhängigkeit von subjektiven Randbedingungen und emotionalen Präferenzen nicht immer alle theoretisch möglichen Verkehrsmittel zur Verfügung, so dass nicht von einer unbeschränkten Wahlfreiheit ausgegangen werden kann. In

²³ Insgesamt 34 Variablen bzw. Verteilungsfunktionen.

Abhängigkeit von Mobilitätspräferenzen wird ein individuelles Choice-Set an Verkehrsmitteln für jeden Probanden generiert. Dieses kann sich im Laufe des Planspiels durch Lerneffekte oder eingeholte Informationen dynamisch verändern. Über einen definierten Regelkatalog werden im Vorfeld bereits einzelne Alternativen ausgeschlossen (z. B. keine Pkw-Fahrt ohne Führerscheinbesitz oder keine Fahrt mit dem Rad ohne Fahrradverfügbarkeit). Der Fahrplan im öffentlichen Verkehr beruht auf Fahrplandaten, die aufgrund des operationalisierten Planspielnetzes vereinfacht wurden, und lehnt sich an reale Zeit- und Kostenstrukturen an.

4.3.4 Ereignisbedingte Störungen und Motivationsmodell

Unvorhersehbare Störungen im Verkehrssystem oder spontane Aktivitäten können meistens nicht im Voraus geplant werden. Sie führen aber dazu, dass auf veränderte Rahmenbedingungen zeitnah eine Verhaltensreaktion, auch mit Unterstützung von Informationen, erfolgen muss. Um dies abzubilden, wird eine ereignisbedingte Störungsverteilung (siehe Anhang Abschnitt 5-Abbildung 48) für Wege und Aktivitäten in einem zeitdiskreten Raster über den Tag aufgestellt und mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation simuliert. Die Störungsverteilung wurde aus den Daten der Vorhererhebung und dem Deutschen Mobilitätspanel (MOP) abgeleitet. In beiden Szenarien wird die identische Störungsverteilung für Wege und Aktivitäten eingebaut, um seltene Ereignisse und Lernprozesse abzubilden, die alternativ zur Planspiel-simulation nur mit großem Aufwand in Form von langen Erhebungsdauern oder großen Stichproben hätten realisiert werden können.

Über ein mehrdimensionales Bonus-Malus System (siehe Anhang Abschnitt 5-Tabelle 32) werden überlegte Entscheidungen prämiert und ergänzend als Motivationsmodell im Planspiel verankert, um Auswirkungen des Verhaltens nachvollziehbar ins Bewusstsein zu transferieren. So wurde beispielsweise die pünktliche Einhaltung eines wichtigen Termins (im Spiel entsprechend gekennzeichnet) mit einem höheren Bonus versehen, als ihn eine mögliche Einsparung durch eine „geschickte“ Verkehrsmittelwahl ergeben hätte. Wegen des Bonus-Malus Systems und der direkt erfahrbaren Konsequenzen einzelner Entscheidungen besteht für den Planspieler kein sinnvoller Anreiz, das System auszutricksen.

4.4 Beschreibung des Planspiels

Der Versuchsplan des Planspiels wurde entscheidungsabhängig aufgebaut, so dass die Ausprägungen der Variablen in einem Konfigurationsprozess situationsabhängig ermittelt werden. Sowohl relative Bezüge zwischen den Ausprägungen als auch Verzweigungspfade werden entscheidungsabhängig gesteuert [FGSV96]. In Abbildung 13 ist der Ablauf der Planspielerhebung illustriert.

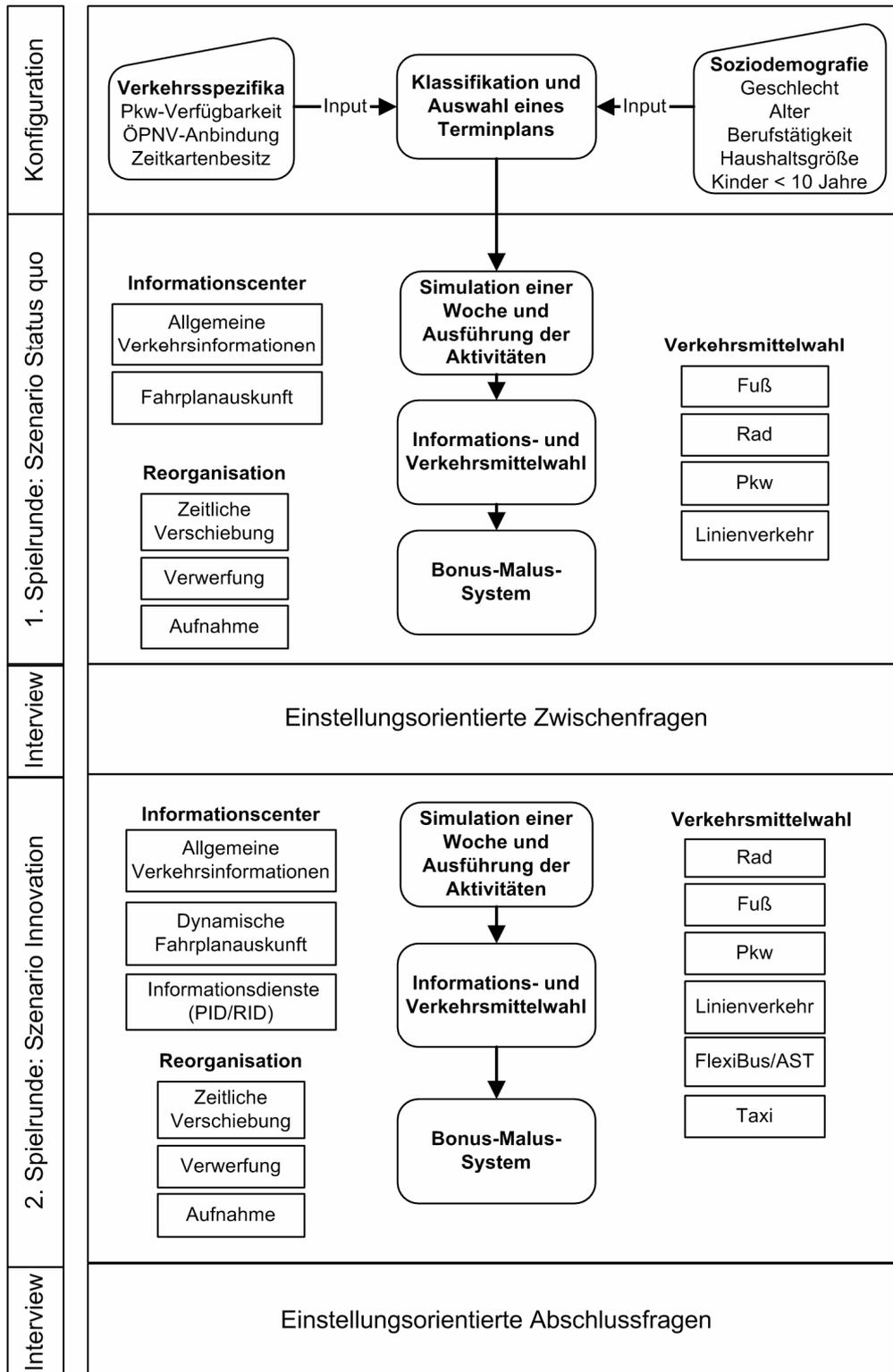


Abbildung 13: Strukturablauf des interaktiven Planspiels

Situative Rahmenbedingungen und individuelle Schwellenwerte der Probanden bilden die Grundlage für einen realitätsnahen Terminkalender in der Planspielsimulation. Die Konfigurationsphase (siehe im Anhang Abschnitt 1-Abbildung 40 bis Abbildung 42) zur Abfrage soziodemografischer Daten und individueller Mobilitätskennwerte wird als persönliches Face-to-Face-Interview aufgebaut. Anschließend ist der Proband als Planspieler in der virtuellen

Realität aktiv und durchlebt an jeweils sieben simulierten Tagen die momentane Situation im Szenario Status quo und eine zukünftige Situation im Szenario Innovation. Dabei lernt er in der ersten Woche Situationen und Handlungen intensiv kennen, bevor er mit neuen Diensten konfrontiert wird. Für den Probanden besteht die Motivation darin, mit einem kostenminimalen Mobilitätsbudget die vorgegebenen Aktivitäten auszuführen und die Ziele mit einer Verkehrsmittelalternative aus seinem persönlichen Auswahlsetz zu erreichen.

Die Computersimulation wird nach jeder Planspielrunde durch das Ausfüllen eines Papierfragebogens zur Einschätzung und Wahrnehmung der neuen Informationsdienste unterbrochen. Dieser bewusst gewählte Bruch in der computergestützten Erhebung soll zum einen aktiv die Transferleistung von der virtuellen in die reale Welt kanalisieren und zum anderen eine Auflockerung der Gedankenströme bewirken.

Aus zwei Terminkalendern (siehe im Anhang Abschnitt 2-Abbildung 44), die jeweils einer Aktivitätswoche entsprechen, sollte der Planspieler denjenigen auswählen, der am ehesten seinem eigenen Mobilitätsmuster entsprach. Die geplanten Termine bilden wie im wahren Leben nur ein Grundgerüst, so dass persönliche Störungen, Witterungs- und Verkehrseinflüsse hier Abweichungen hervorrufen. Das heißt, der Proband soll versuchen, diese Aktivitäten zu erreichen und wichtige Termine einzuhalten. Dabei darf und muss er aber auch den Wochenterminplan situationsbedingt wieder umplanen. Kann er z. B. aufgrund einer verspäteten Fahrt mit dem Bus nicht pünktlich zu einem geplanten Termin erscheinen, müssen nachfolgende Aktivitäten zeitlich verschoben oder ganz gestrichen werden.

Nach dieser Konfigurationsphase „durchlebte“ der Planspieler die Woche in zwei Durchgängen; einmal im Szenario Status quo und anschließend im Szenario Innovation mit den Maßnahmen. Im Szenario Innovation wurde das Angebot im öffentlichen Verkehr durch räumliche und zeitlich flexible Bedienformen in unterschiedlichen Qualitätsstufen sowie durch die erwähnten dynamischen Informationssysteme erweitert.

Einen Überblick über die angebotenen Informations- und Mobilitätsdienste in den jeweiligen Spielrunden gibt die Tabelle 2. Alle anderen Eingangsgrößen, wie z. B. das Aktivitätsmuster, Raumstrukturen, Witterungsverhältnisse und ereignisbedingte Störungen, werden konstant gehalten.

Informationsmedien		Szenario	
		Status quo	Innovation
Radio		+	+
Fahrplanbuch		+	+
Online-Fahrplanauskunft	statisch	+	--
	dynamisch	--	+
Pendler-Informations-Dienst (PID)/ Reisenden-Informations-Dienst (RID)		--	+
Verkehrsmittel			
Fuß		+	+
Rad		+	+
Pkw		+	+
Linienverkehr		+	+
FlexiBus		--	+
Anrufsammeltaxi (AST)		--	+
Taxi		--	+

Tabelle 2: Übersicht über die angebotenen Informations- und Verkehrsmittelalternativen
(+ Ja, -- Nein)

Der Planspieler kann frei entscheiden, welche Informationen, soweit sie verfügbar sind, er abrufen möchte. In beiden Spielrunden sind allgemeine Informationen, wie z. B. zur Verkehrslage, zu Baustellen oder zum Wetter, über das Radio abrufbar, die möglicherweise einen Einfluss auf das Entscheidungsverhalten ausüben. Diese Informationen sind nicht immer verlässlich und es können z. B. ungemeldete Verkehrsstörungen auftreten. Als klassische Informationsquelle im ÖPNV dient in beiden Szenarien das Fahrplanbuch. Der Proband kann sich während des gesamten Tages informieren, welche ÖV-Verbindungen überhaupt bestehen. Während Spielrunde 1 die heutige Situation mit statischen Informationen, klassischen Linienverkehren und manchmal nicht erreichbaren Anschlüssen abbildet, wird im Szenario Innovation der öffentliche Verkehr durch räumlich und zeitlich flexible Bedienformen in unterschiedlichen Qualitätsstufen ergänzt. Zusätzlich informiert die (mobile) Internetauskunft den Verkehrsteilnehmer über Verbindungen mit Berücksichtigung der aktuellen Verkehrslage. Kurzfristige Änderungen im Fahrplan oder Verspätungen werden direkt angezeigt. Über die Fahrplanauskunft können Flächenverkehre und flexible Bedienformen gebucht werden. Der FlexiBus ergänzt hierbei das vorhandene Verkehrsangebot im ÖPNV und kann z. B. einen Verkehrsstau flexibel umfahren. Das Anrufsammeltaxi fährt direkt bis an das Ziel (Haltestelle-Tür-Verbindung) und kann auf der Fahrt weitere Mitfahrer aufnehmen. Das optimierte Angebot im Szenario Innovation wird durch einen ereignisgesteuerten Informationsdienst (PID/RID) erweitert, der auf Grundlage dynamischer Daten Verspätungen anzeigt und auch Trends prognostiziert. Im Falle von Störungen auf überwachten Routen sendet dieser Infor-

mationsagent (Push-Dienst) automatisch Meldungen und Handlungsempfehlungen an den Kunden.

Abbildung 14 zeigt einen typischen Entscheidungsdialog zur Auswahl eines Verkehrsmittels für den aktuell anstehenden Weg. In der linken Tagesübersicht werden die geplanten Aktivitäten für einen Tag angezeigt und die aktuelle Position durch einen roten Balken im Terminplan gekennzeichnet. Über die rechtsliegende Informationszentrale können je nach Aktualisierungsstand Informationen zur Verkehrs- und ÖPNV-Betriebslage abgerufen werden. Im Interaktionsbereich (in der Mitte) konzentrieren sich sämtliche Entscheidungsdialoge. Über ein Pull-down-Menü kann die Abfahrtszeit für die Fahrt mit dem Pkw, dem Rad oder „zu Fuß“ individuell bestimmt werden. Im öffentlichen Verkehr kann aus verschiedenen Verbindungen bzw. Produkten ein bestimmtes Angebot für diese Fahrt ausgewählt werden. Im Verlauf des Spiels mussten über die Entscheidungen zur Verkehrsmittelwahl hinaus auch Entscheidungen über Beginn und Ende von geplanten Aktivitäten im Tagesverlauf getroffen werden. Daneben konnten situationsabhängig Aktivitäten auch spontan hinzugefügt oder gestrichen werden. Verschiebungen und Verwerfungen wurden mit den bereits angesprochenen Malusbeträgen bestraft. Zur Illustration des zeitlichen Verlaufs wurden zwischen den Aktionen animierte Sequenzen mit realistischen Umgebungsbildern eingeblen-det.

Wohnort Michelsberg **Arbeitsort** Neu-Ulm Mitte **Budget** Letztes Verkehrsmittel **Budget** € 32,00

Uhrzeit Witterung Mo 05:40 Uhr

Aktueller Zeitpunkt

Von	Nach	Entf.	Verkehrsmittel	Aufbruch	Ankunft	Gesamtzeit	Kosten	Randbedingungen
Michelsberg	Kienlesberg	5,45 Km	PKW	06:02	06:25	23 min	€ 1,46	1 min Zugang 1 min zum Ziel 3 min Parksuchzeit
Michelsberg	A.-Schweitzer-Straße	5,45 Km	Bus	05:52	06:25	33 min	€ 1,50	5 min Zugang 3 min zum Ziel

Verkehrsmittel bestätigen

DING - Donau-Iller-Nahverkehrsverbund GmbH - Microsoft Internet Explorer

Verkehrsmittel	Aufbruch	Ankunft	Gesamtzeit	Kosten	Randbedingungen
Bus	05:52	06:25	33 min	€ 1,50	5 min Zugang 3 min zum Ziel
PKW	05:52	06:25			
PKW	06:07	06:40			

Verkehrsmittel bestätigen

Aktionsbereich

Internet

PIDIRID

Abbildung 14: Typische Entscheidungssituation bei der Wahl eines Verkehrsmittels

Wichtige Randbedingungen wie z. B. der Wochentag, die aktuelle Uhrzeit, das Wetter sowie das Budget werden in der Statusanzeige oben eingeblendet. Vom Budget werden direkt am Ende der Fahrt die Kosten für Benzin, Parkgebühren oder für die Fahrkarten abgezogen. Am Ende des Tages werden zusätzlich der Malusbetrag und der Bonus mit dem Budget verrechnet. Insgesamt beeinflussen vier Kostenarten das Budget positiv oder negativ:

- Mobilitätskosten (z. B. Benzin, Parkgebühren und Fahrkarten),
- Informationskosten (PID/RID),
- Tagesmalus (z. B. Verhaltensbestrafung beim Streichen von Aktivitäten) und
- Tagesbonus (z. B. Gutschrift für Pünktlichkeit).

Die Entscheidungen und der jeweilige situative Kontext, in dem sie getroffen wurden, wurden aufgezeichnet und nach Abhängigkeiten und Zusammenhängen analysiert. Für weitere Darstellungen typischer Planspielsituationen wird auf den Anhang Abschnitt 2 verwiesen.

Der Planspielzeitraum von insgesamt zwei virtuellen Wochen und die grundsätzliche Vergleichbarkeit der Entscheidungssituationen zwischen den Szenarien machen Lerneffekte durch neue Informationsdienste messbar. Der längsschnittorientierte Ansatz ermöglicht ein wirklichkeitsnahes Verständnis und erhöht die interne Validität des Verhaltens gegenüber einer einfachen Variation von Einzelentscheidungen. Die Verlässlichkeit der Antworten sollte mit dem Grad der Detaillierung des Planspiels und dem persönlichen Kontext anwachsen. Jedoch besteht die Gefahr, dass, wenn das Planspiel zu komplex ist und zu lange dauert, der Mehrnutzen wieder schrumpft.

4.5 Risikobetrachtung

Die Risiken der Planspielsimulation sind bekannt. Hierbei kann es sich um systematische Fehler handeln, die z. B. infolge von Störgrößen zu Verzerrungen (*Bias*) führen und auf nichtzufällige, systematische Einflüsse zurückzuführen sind. Zum einen besteht die Gefahr, dass Probanden einer „Zockermentalität“ unterliegen und das „Gewinnen“ im Vordergrund steht, was gegebenenfalls zu einem realitätsfernen Verkehrsverhalten führt. Zum anderen ist durch den komplexen Simulationsablauf eine Schiefe in Richtung computer-affiner Probanden (*Selection-Bias*) zu erwarten. Zudem ist das Ergebnis der Erhebung signifikant davon abhängig, inwieweit der Proband in der Lage ist, sich in seine Rolle hineinzusetzen. Das heißt, der Proband muss sein vorhandenes Wissen und seine sozialen Strukturen auf die veränderten Randbedingungen übertragen. In hypothetischen Befragungssituationen treffen Probanden gerne Entscheidungen, von denen sie annehmen, dass sie den Erwartungen (soziale Erwünschtheit) entsprechen oder als der Gemeinschaft dienlich wahrgenommen werden (vgl. TIETENBERG [Tiet02]). Darüber hinaus besteht die Gefahr, dass vor allem

Nichtnutzer des ÖPNV dazu neigen, das Informationssystem zu oft zu nutzen. Dies wird durch die Simulationsdauer von 14 virtuellen Tagen und die Berechnung von Informationskosten zu Lasten des Budgets im Planspiel aufgefangen.

Für die Kontrollierbarkeit des Planspiels und die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist die Vorgabe von definierten Randbedingungen und Spielregeln erforderlich. Um sich mit der Komplexität des Planspiels und den geforderten Aufgaben vertraut machen zu können, steht dem Probanden eine prägnante Bedienungsanleitung zur Verfügung. Der *Information Bias* der Probanden wird durch den Einfluss des Spielleiters gesteuert, der eine mehr oder weniger aktive Rolle einnimmt und das Risiko ungleicher Wissensbasen minimiert [Arci00].

Trotz dieser bekannten Problematiken ist der Ansatz geeignet, um den Einfluss von Informationssystemen auf individuelle Entscheidungsprozesse und Verhaltensweisen zu verifizieren. Gerade im Hinblick auf neue VT-Maßnahmen, die eine starke Abstraktion des Probanden erfordern, ist die Schaffung einer virtuellen Realität für den Entscheidungsprozess durchaus hilfreich, um Präferenzen und Reaktionen zu bestimmen. Aus den gegebenen Entscheidungen lassen sich Hinweise und Kausalstrukturen dahingehend ableiten, wie sich ein gegebenes Kollektiv im Falle einer flächenhaften Maßnahmensituation vermutlich verhält.

4.6 Einstellungsorientiertes Messinstrument

Um das Mobilitätsverhalten über Informationsdienste zu beeinflussen, ist es zunächst wichtig, den Entscheidungsprozess in seiner Komplexität zu verstehen. Einen wichtigen Ansatzpunkt zur Erklärung der Akzeptanz von IuK-Technologien und der Zusammenhänge zwischen individueller Einstellung und Nutzung liefern dabei handlungstheoretische Indikatorvariablen. Die Erhebung von subjektiven Verhaltenspräferenzen in Bezug auf die Nutzung von Informationsdiensten und Mobilitätsangeboten im öffentlichen Verkehr erfordert die Entwicklung eines zusätzlichen Befragungsinstrumentes neben dem Planspiel.

Die Operationalisierung der in Kapitel 3.1.4 aufgezeigten Verhaltenskonstrukte der Theorie des geplanten Verhaltens (TOPB) in messbare Fragestellungen (Items) erfolgte auf Basis einer Literaturrecherche und eines Expertengesprächs²⁴. Die Entwicklung des Fragebogens und die Umsetzung der Konstrukte „Einstellung“, „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ und „soziale Norm“ orientierten sich an den Vorgaben von AJZEN [Ajze02a][Ajze02b]. In einer Vorstudie mit Studierenden wurden zunächst verhaltensrelevante Überzeugungen, wie beispielsweise normative Erwartungen und subjektiv wahrgenommene Verhaltenskonsequen-

²⁴ Interview mit PD Dr. S. Bamberg (Institut für Angewandte und Empirische Sozialforschung, Justus-Liebig-Universität Gießen).

zen ermittelt, und die Fragen hinsichtlich ihrer Verständlichkeit optimiert. Insgesamt wurden 42 standardisierte Items als Determinanten des informatorischen und modalen Entscheidungsprozesses formuliert. Als Ratingskala wurde eine bipolare 7-Punkt-Likert-Skala von -3 bis +3 verwendet (siehe Abbildung 15). Die gesamte Itembattery ist im Anhang Abschnitt 4-Tabelle 28 bis Tabelle 30 mit statistischen Kennwerten (Mittelwert und Standardabweichung) dargestellt.

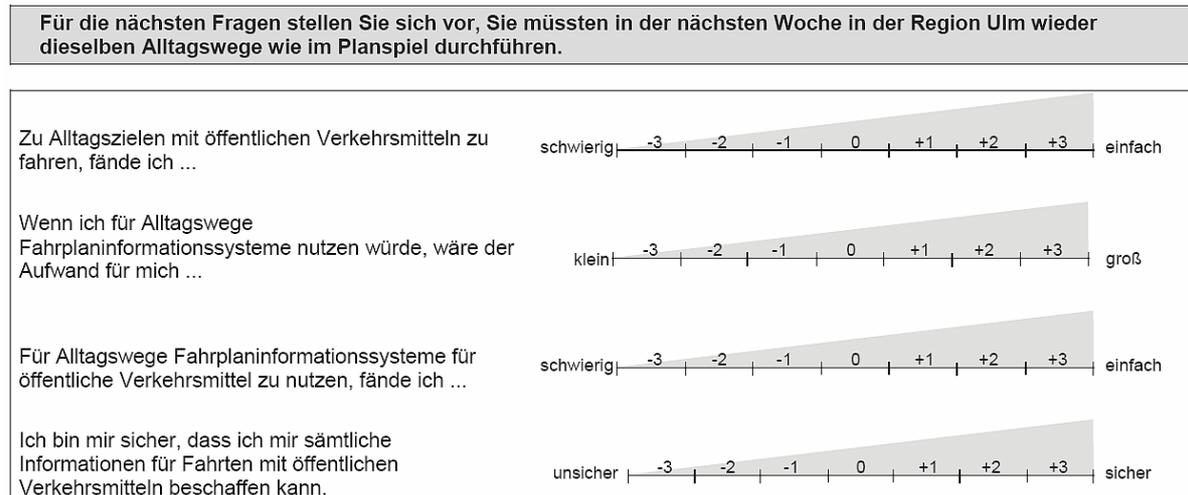


Abbildung 15: Auszug des einstellungsorientierten Fragenblocks

Innerhalb des Fragenblocks wurden Indikatorvariablen für Fahrplaninformationssysteme und für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel erhoben. Die Items sind speziell auf die Entscheidungssituationen in der Planspielsimulation ausgerichtet und reflektieren, welche Konsequenzen die Probanden mit den VT-Maßnahmen verbinden. Um Änderungen der Verhaltensintention infolge von IuK-Technologien direkt messen und vergleichen zu können, waren die Itemfragen zu den Verhaltenskonstrukten zwischen den beiden Szenarien Status quo und Innovation identisch.

5 Empirische Akzeptanzanalyse

Angesichts der umfangreichen und detaillierten Datensätze wurde bei der Analyse eine Vielzahl von Erkenntnissen gewonnen, von denen diejenigen Beispiele aufgezeigt werden sollen, die einen direkten Einfluss auf den Informationsprozess und die Modellentwicklung hatten. Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die zentralen Befunde der empirischen Akzeptanzanalyse.

5.1 Erhebungsmerkmale

Mit Hilfe der Planspielsimulation konnten bekannte Probleme und Defizite bei der Evaluierung von IuK-Technologien eingegrenzt und ein zuverlässiges Messinstrument für verkehrstelematische Maßnahmen entwickelt werden. Dieser neuartige Erhebungsansatz erlaubt es, Grundlagendaten für die Analyse von Wirkungszusammenhängen und für die mathematische Modellierung bereitzustellen, um die Effekte von Informationssystemen auf die Nachfrage zu quantifizieren.

Die Auswahl der Probanden erfolgte auf Basis einer Telefonnummernstichprobe, deren Struktur proportional an die Bevölkerung der Gemeinden in der Region Ulm angelehnt war. Insgesamt wurden 1200 Haushalte aus dem Stadtkreis Ulm und 402 Haushalte aus dem Alb-Donau-Kreis über einen zweistufigen Ansatz postalisch und telefonisch kontaktiert. Die Ausschöpfungsquote der Planspielerhebung, bezogen auf die Bruttostichprobe (1602 Haushalte) abzüglich der neutralen Ausfälle (siehe Abbildung 16), erreichte einen Wert von ca. 26 % aller angeschriebenen Haushalte. Bei insgesamt 350 teilnehmenden Haushalten führten 381 Teilnehmer das Planspiel durch.

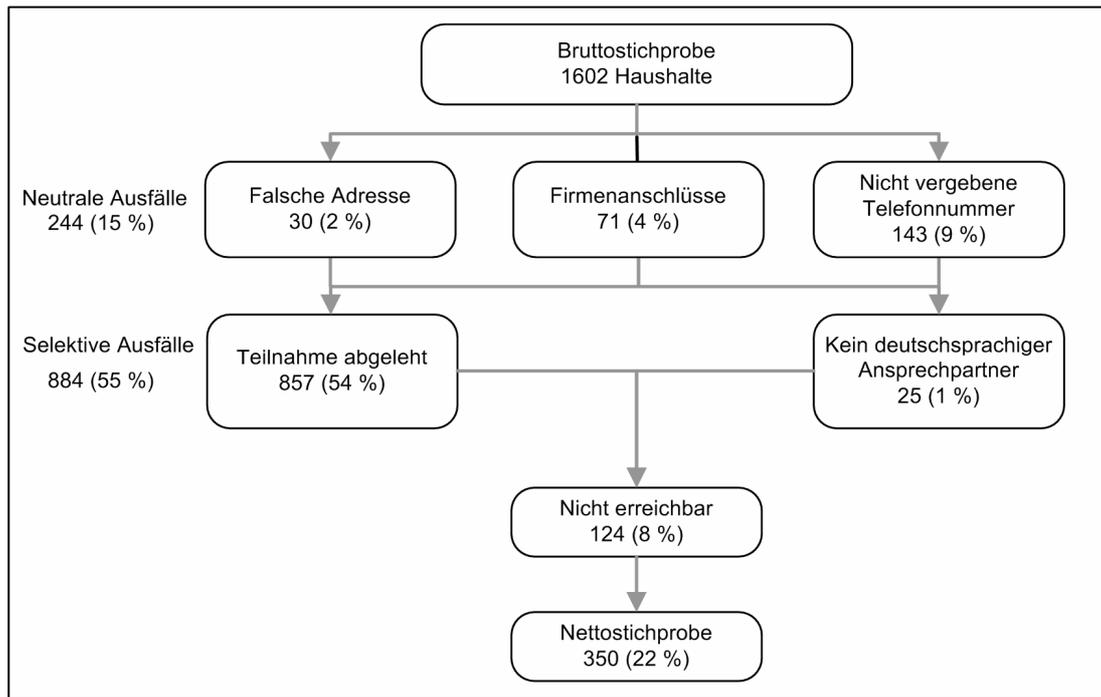


Abbildung 16: Ausschöpfung der Stichprobe

Die aufgrund des Forschungsansatzes gewählte paritätisch geschichtete Zufallsauswahl zwischen ÖPNV- und MIV-affinen Probanden erhebt nicht den Anspruch einer vollkommenen Repräsentativität. Neben der Erprobung eines neuen Messverfahrens für die Evaluierung von verkehrstelematischen Maßnahmen wurde das Ziel in einer hinreichend genauen Abbildung der Population in der Region Ulm gesehen, um verlässliche Abschätzungen der Auswirkungen auf das Untersuchungsgebiet bei einer flächenhaften Einführung der Maßnahmen treffen zu können. Auftretende Schiefen sollen, soweit sie identifizierbar und quantifizierbar sind, korrigiert werden. Detaillierte Ausführungen über systematische Designeffekte und unsystematische Zufallsfehler finden sich u. a. in NOELL-NEUMANN und PETERSEN [NoPe95], DIEKMANN [Diek00] oder WITTENBERG et al. [WiSo01].

Die relativ geringe Stichprobengröße und die zu erwartende Schiefe durch den technisch geprägten Planspielansatz erzeugen zwar unbekannte Verzerrungen, die eine direkte Hochrechnung verbieten, jedoch kann die Abbildung der Kausalstruktur des Verhaltens unter Informationseinflüssen nachempfunden werden. Generell sind die vorliegenden soziodemografischen Verteilungen hierzu hinreichend genau. In Tabelle 3 sind die Verteilungen der Altersklassen in Abhängigkeit vom Geschlecht aus der Planspielerhebung und des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg gegenübergestellt.

Altersklasse	Sollverteilung ²⁵ [%]		Planspielerhebung [%]	
	Mann	Frau	Mann	Frau
14-18	1,9	3,1	0,9	1,3
18-25	4,7	4,9	6,7	4,6
25-40	14,3	11,4	19,9	13,5
40-65	19,9	19,3	24,4	17,7
>65	6,7	13,8	5,3	5,8

Tabelle 3: Vergleich der Altersverteilung nach Geschlecht von Sekundärstatistik und Stichprobe

Um für die Aussagen den Anspruch der Repräsentativität zu gewährleisten und die Ergebnisse räumlich einzuordnen, wird für die deskriptive Analyse die Stichprobe auf Personenebene gewichtet. Als Angaben aus den Eingangsfragen der Planspielerhebung stehen für eine Gewichtung die Altersverteilung, das Geschlecht, die regionale Einwohnerverteilung und der Anteil der Zeitkartenbesitzer zur Verfügung. Hierzu liegen adäquate Sekundärstatistiken vor. Mögliche Verzerrungen und beeinträchtigende Effekte auf die Qualität der Ergebnisse werden durch die Korrektur weitestgehend ausgeschlossen²⁶.

Trotz der Komplexität mit bis zu 50 Entscheidungssituationen empfanden die Probanden die Erhebung aufgrund des spielerischen Charakters und des hohen Realitätsbezuges als nicht belastend. Auf einer Skala von -3/+3 liegt der Mittelwert zur subjektiven Einschätzung der Planspielerhebung und einer erneuten Teilnahme mit 1,7 in einem positiven Bereich. Mit Ausnahme von technisch bedingten Systemausfällen der Computersimulation (ca. 3 %) brach kein Proband das Planspiel vorzeitig ab.

5.2 Allgemeine Mobilitätsindikatoren

Das Ziel des Planspiels, die Akzeptanz und die Effekte von VT-Maßnahmen auf das Mobilitätsverhalten der Verkehrsteilnehmer zu quantifizieren, erfordert eine hinreichend genaue Situationsanalyse verkehrlicher Rahmenbedingungen und Zugangsvoraussetzungen. Wichtig sind dabei nicht nur Kenntnisse über kollektives, sondern auch über individuelles Verhalten. Im Kern geht es darum, Verhaltensreaktionen im Umgang mit Informationssystemen besser zu verstehen und vertiefte Erkenntnisse über den Entscheidungsprozess zu erlangen. Einige wesentliche Befunde sollen im Folgenden vorgestellt werden:

²⁵ Mittelwert für den Stadtkreis Ulm und den Alb-Donau-Kreis (Statistisches Landesamt von Baden-Württemberg, Mikrozensus 2004).

²⁶ Weil die Datenbasis des Rechenzentrums der Stadt Ulm bezüglich der Kriterien Haushaltsgröße und Pkw-Ausstattung laut einer Modellrechnung Abweichungen von bis zu 25 % gegenüber der Realität aufweist, wird für die Gewichtung der Stichprobe auf beide Variablen verzichtet.

Die Terminplanung als Ausgangsbasis für die virtuelle Mobilität umfasst in der Planspielsimulation insgesamt 16.456 geplante Aktivitäten. Durch das positive Saldo zwischen spontanen Aktivitäten²⁷ und Verwerfungen steigt die Anzahl der realisierten Aktivitäten auf 17.869 an. Dies entspricht einer mittleren Wegezahl von 3,4 Wege pro Person und Tag und einer mittleren Reisezeit von ca. 20 Minuten pro Fahrt. Bei der Betrachtung der Mobilitätskenngrößen aus dem Planspiel im Vergleich zum deutschen Mobilitätspanel (MOP) (siehe Tabelle 4) sind hinsichtlich der Eckwerte vergleichbare Größenordnungen zu beobachten [IfV07]. Aus Gründen der Fokussierung auf das Demonstrationsgebiet und der damit verbundenen räumlichen Eingrenzung der virtuellen Planspielwelt auf den Nahbereich von bis zu 20 km sind die Differenzen der durchschnittlichen Weglänge und des Reisezeitbudgets plausibel. Demzufolge bilden die Eingangsgrößen im Planspiel realitätsnahe Voraussetzungen für die Abschätzung des Mobilitätsverhaltens unter Telematikeinflüssen.

Mobilitätskennziffer	MOP 2004	Planspielsimulation	
		Szenario Status quo	Szenario Innovation
Wege pro Person/Tag	3,4	3,4	3,5
Reisezeitbudget [Minuten]	77	68	65
Durchschnittliche Weglänge [Km]	11,1	5,4	5,4
Zweck der Aktivität			
Arbeit/dienstlich/Ausbildung	15,9 %	15,6 %	16,0 %
Freizeit/Besorgung/Service	41,7 %	44,0 %	44,7 %
Wege nach Hause/Sonstige	42,4 %	40,4 %	39,3 %

Tabelle 4: Vergleich der Mobilitätskennziffern – Planspiel und Mobilitätspanel

In beiden Szenarien werden ca. 80 % der Aktivitäten so durchgeführt, wie sie im Wochenplan beabsichtigt (Beginn und Dauer der Aktivität) waren. Was die restlichen Aktivitäten betrifft, wird im Mittel eine Verlängerung von fünf Minuten erfasst. Verwerfungen von fakultativen Aktivitäten haben einen Anteil von nur 4 % an den geplanten Aktivitäten (ohne und mit Unterstützung von IuK-Technologien identisch verteilt). Es wird konstatiert, dass Verhaltensanpassungen auf der Planungsebene aufgrund von dynamischen Informationen im ÖPNV in Form von Verzicht, Verlängerungen oder spontanen Durchführungen von Aktivitäten als vernachlässigbar klein angesehen werden können. Allgemeine Reaktionsmöglichkeiten sind in der Arbeit von HEINE-NIMS [HeNi06], der ein Entscheidungsverfahren zur Abschätzung von Verhaltensänderungen in der Verkehrsnachfrage aufgrund von Störungen entwickelt hat, dokumentiert.

²⁷ Ca. 10 % der Aktivitäten werden spontan geplant (vgl. DREHER [Dreh03]).

5.3 Nutzungsanalyse dynamischer Informationsdienste

5.3.1 Fahrplanauskunftssysteme

Die Alltagsmobilität ist stark durch Mobilitätsroutinen und habitualisierte Wahlentscheidungen geprägt. Der Kosten- und Zeitaufwand für die Suche nach Alternativen wird bei täglich wiederkehrenden Aktivitätsmustern bereits im Vorfeld subjektiv optimiert und es wird ein präferierter Verkehrsmittelmix im Bewusstsein gespeichert. Ein erneuter Entscheidungsprozess wird wahrscheinlich erst dann initiiert, wenn die Zufriedenheit unter einen subjektiven Schwellenwert abfällt oder der Druck, das eigene Verhalten zu ändern, durch exogene Faktoren, beispielsweise durch eine Information, ansteigt.

Diese gefestigten Grundsatzentscheidungen unterliegen aber nicht immer rationalen Überlegungen, sondern spiegeln einen Zustand wider, in dem mit den verfügbaren Auswahlalternativen eine subjektive Zufriedenheit erreicht werden kann. Dies bestätigt auch die Planspielanalyse. 88 % der Wege werden ohne Inanspruchnahme von Informationen durchgeführt. Gleichwohl sind vor Beginn einer Fahrt verschiedene Informationsstrukturen und -kombinationen zu beobachten. Die durchschnittliche anteilige Nutzung der Informationsmedien auf Wegeebene ist in Tabelle 5 dargestellt.

Informationsmedium	Szenario Status quo* (9.013 Wege)	Szenario Innovation* (8.856 Wege)
Radio	4,0 %	2,0 %
Radio und Fahrplanbuch	0,5 %	0,1 %
Radio und Online-Auskunft	1,1 %	0,6 %
Online-Auskunft	5,4 %	8,9 %
Fahrplanbuch	1,4 %	0,5 %
keine Informationen	87,7 %	88,0 %

Tabelle 5: Anteilige Nutzung der Informationsmedien auf Wegeebene
(* Mittelwerte der prozentualen Anteile über alle Probanden)

Mit diesen ersten Auswertungen lässt sich konstatieren, dass sich ein relativ stabiler Grenzwert hinsichtlich des Informationsbedarfs einstellt und sich durch dynamische Systeme die Bedeutungshierarchie unter den Informationsmedien verändert. Die Einführung dynamischer Informationsdienste erhöht die Nutzung der Online-Auskunft um 3,5 Prozentpunkte, während die Inanspruchnahme des statischen Fahrplanbuches zurückgeht. Der Anteil der Personen, die ihre Alltagsmobilität ohne Informationsabfragen innerhalb einer Woche ausführen, steigt zwischen den beiden Szenarien von 21 % (Status quo)²⁸ auf 38 % (Innovation) an. Eine Ur-

²⁸ Eine Evaluierung des Münchner Verkehrsverbundes bestätigt mit 25 % ähnliche Größenordnungen (siehe http://www.mvg-mobil.de/presse/presse_2006).

sache hierfür ist das gewünschte „Erlernen“ des Vorteils der ereignisorientierten Informationsdienste (PID/RID), da auf überwachten Verbindungsrelationen weniger Fahrplanauskünfte eingeholt werden. Durch den PID/RID-Dienst wird der ÖPNV planbarer und verlässlicher. Dieser Effekt ist aber nicht nur auf telematische Maßnahmen zurückzuführen, sondern auch Ergebnis von Lerneffekten und veränderter Verhaltensroutinen.

Unter Vernachlässigung aller Wege, die ohne Inanspruchnahme von Informationen zurückgelegt wurden, dominiert im Szenario Innovation mit fast drei Viertel aller Informationsanfragen die Online-Fahrplanauskunft. Das Fahrplanbuch wird in Zukunft an Bedeutung verlieren und durch elektronische Fahrplanauskünfte mit aktuellen Betriebsinformationen substituiert. Die Steigerung der Akzeptanz der Online-Auskunft zwischen den Szenarien kann zweierlei Ursachen haben. Zum einen sind dort dynamische Komponenten vorhanden und ihre Bedienung ist einfach. Zum anderen wurden neue Verkehrsangebote eingeführt (z. B. flexible Bedienformen), die Informationen und Buchungen voraussetzen.

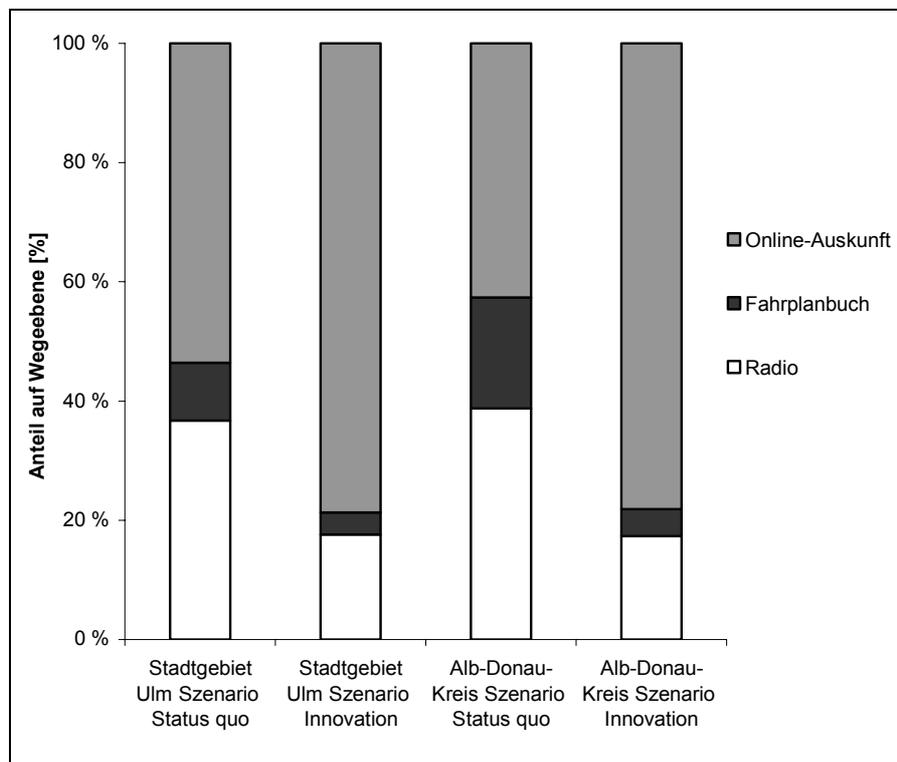


Abbildung 17: Informationsnutzung in Abhängigkeit von der Raumstruktur auf Wegebene

Während im Szenario Status quo noch signifikante Unterschiede in der Nutzungshäufigkeit von Fahrplanbuch und Online-Auskunft zwischen dem Alb-Donau-Kreis und dem Stadtkreis Ulm erkennbar sind, findet über die dynamischen Systeme eine Annäherung der Nutzungsanteile zwischen den Informationsmedien im ÖPNV statt (siehe Abbildung 17). Vor allem Personengruppen die bislang nicht oder nur gelegentlich ÖPNV-Kunden gewesen sind, zeigen ein großes Interesse an innovativen Informationssystemen. Generell trägt die technolo-

gische Orientierung zu einem positiven Image und einer Steigerung der Attraktivität öffentlicher Verkehrsmittel bei.

Die Informationsrate ist als Verhältnis zwischen der Anzahl abgerufener Informationen und der Anzahl der Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln pro Woche definiert. Je größer die Rate ist, desto mehr Fahrten werden mit Unterstützung von Fahrplaninformationen durchgeführt. Aufgrund der Nutzung der ereignisorientierten Informationsdienste PID/RID steigt im Szenario Innovation die subjektive Planungssicherheit für Fahrten mit Bus und Bahn, was zu einer niedrigeren, mittleren Informationsrate auf der Individualebene führt. In Abbildung 18 wird auf Personenebene der Zusammenhang zwischen der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und den abgerufenen Informationen illustriert.

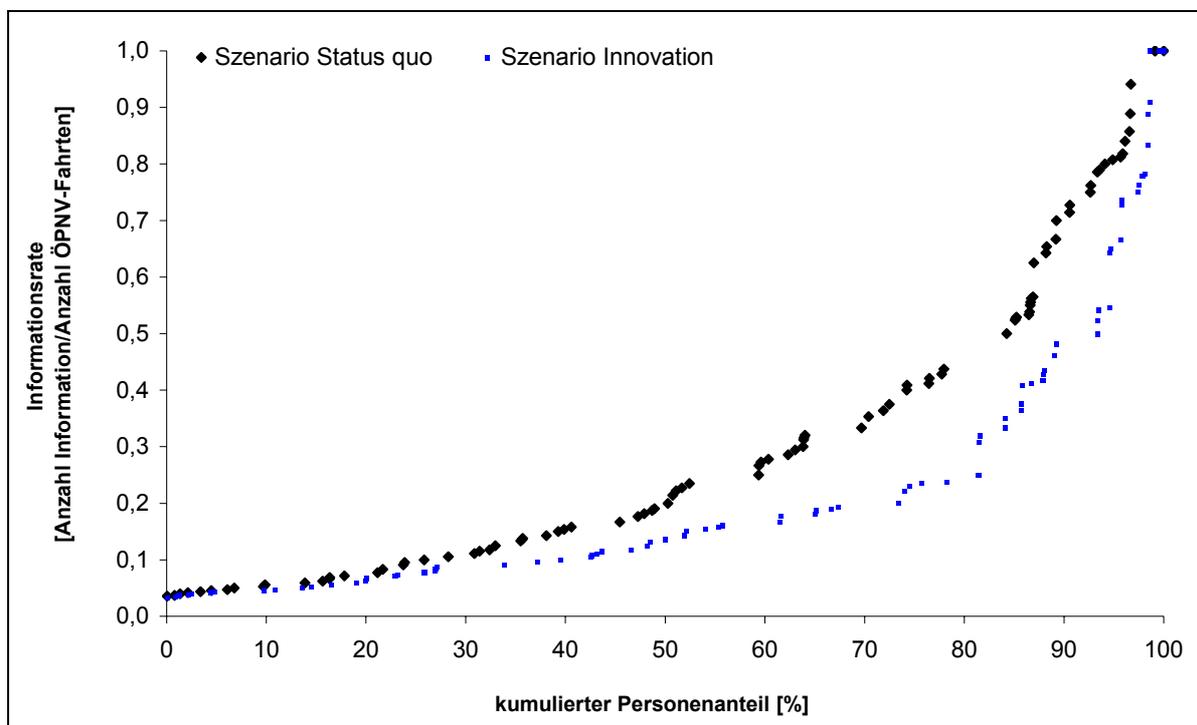


Abbildung 18: Zusammenhang zwischen ÖPNV- und Informationsnutzung

Bezüglich der Nutzung von Informationen lassen sich drei Personengruppen (siehe Tabelle 6) differenzieren. Informationsdistanzierte besitzen überwiegend eine Zeitkarte (mehr als 90 %) und legen mehr als 15 Fahrten in der Woche mit dem ÖPNV zurück. Informationen benötigt diese Gruppe nur für neue Fahrtziele oder bei Verspätungen bzw. bei Buchungen von flexiblen Mobilitätsangeboten. Drei Viertel der Informationspragmatiker fahren einen großen Teil ihrer regelmäßigen Wege mit dem ÖPNV und sind multimodal orientiert. Dagegen sind die informationsorientierten Neukunden auf Informationen angewiesen.

Zwischen den Szenarien findet infolge des verbesserten Informationsangebotes eine Verschiebung der Personenanteile zwischen den drei Gruppen statt. Der Zugewinn informationsorientierter Neu- und Gelegenheitskunden im Szenario Innovation von ca. 18 Prozent-

punkten entspricht den Erwartungen aus der Vorher-Befragung. Je seltener der ÖPNV genutzt wird, desto mehr Informationen werden vom Kunden benötigt. Durch adäquate Informationssysteme können somit neue Kundenkreise erreicht werden. In den beiden Gruppen der Normal- und Häufignutzer von öffentlichen Nahverkehren steigern ereignisorientierte Informationsdienste die Planungssicherheit, so dass der Anteil von Kunden ohne Nutzung von Fahrplaninformationen ansteigt bzw. pro Fahrt mit Bus und Bahn geringere Informationsraten beobachtet werden.

Personengruppe	Szenario Status quo (n=186)		Szenario Innovation (n=234)	
	Informationsrate [0,1]	Personenanteil [%]	Informationsrate [0,1]	Personenanteil [%]
Informationsdistanzierte	0,05	19,9	0,05	15,7
Informationspragmatiker	0,12	47,4	0,11	33,3
Informationsorientierte	0,44	32,7	0,32	51,1

Tabelle 6: Gruppeneinteilung in Abhängigkeit von der Nutzung von Fahrplaninformationen

Während im Szenario Status quo im Durchschnitt sieben Minuten vor der Abfahrt Fahrplaninformationen abgerufen werden, beginnt die Informationsphase im Szenario Innovation sechzehn Minuten vor Beginn der Fahrt. Die Verlässlichkeit und Prognosefähigkeit der Abfahrtszeiten im Planspiel aufgrund der neuen Dienste verschieben den Zeitpunkt für die Informationsanfrage um neun Minuten nach vorne. Dies verdeutlicht dennoch den relativ kurzen zeitlichen Handlungsspielraum im Alltagsverkehr, in dem eine Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl durch Informationen möglich ist.

5.3.2 Ereignisorientierte Informationsdienste

In Abhängigkeit von der Zielgruppe überwachen ereignisorientierte Informationsdienste (Push-Technologie) entweder regelmäßige Verbindungen oder dienen als Orientierungshilfe in einem unbekanntem oder selten benutztem Verkehrssystem. Aus dem Wunsch heraus, fehlendes Vertrauen durch eine objektive Planungssicherheit zu kompensieren, abonnieren Kunden Informationsdienste, um rechtzeitig über Verspätungen oder Anschlussverbindungen informiert zu werden.

In der Planspielsimulation wurde der ereignisorientierte PID/RID-Informationssdienst als Zusatzleistung einer Premiummonatskarte oder als kostenpflichtige Einzelinformationen angeboten. Die Bereitschaft der befragten Planspieler, für Informationen zusätzliche Gebühren zu bezahlen, ist kaum gegeben und es besteht die Erwartung, dass Informationsdienste kostenlos angeboten werden. So liegt der mittlere Einstellungswert für einen zusätzlichen Monatsbeitrag, der alle Kosten für dynamische Informationen im ÖV beinhaltet, bei -0,2 (bipolare Skala von -3/+3). Der Anteil der Probanden, der sich zu einem kostenpflichtigen Abonnement hochwertiger Informationsdienste bereit erklären würde, liegt dennoch bei 25 %. Die größte

Zahlungsbereitschaft ist von erwerbstätigen Stadtbewohnern über 40 Jahren im Besitz einer Zeitkarte zu erwarten. Über die subjektive Einschätzung der Probanden und das Mobilitäts- und Informationsverhalten in der Planspielsimulation wurde eine maximale Zahlungsbereitschaft von 2,5 € pro Monat errechnet. Die Nutzerakzeptanz für die kostenpflichtige Abrechnung einzelner Informationen innerhalb eines Verkehrssystems ist nicht gegeben und wird deshalb nur für verkehrsmittelunabhängige Dienste empfohlen.

Der PID/RID-Dienst kann in Abhängigkeit vom Betriebsablauf einen großen Teil der Informationsbeschaffung über das dynamische Fahrplanauskunftssystem substituieren. Durchschnittlich nutzen die Kunden, die den Dienst abonniert haben, die Online-Auskunft im Internet um bis zu 4 Prozentpunkte weniger, so dass bei ca. 5 % aller Wege eine Fahrplaninformation abgerufen wird. Zusätzlich können jedoch Informationsstrukturen auftreten, in denen die automatisch generierten Meldungen das Informationsbedürfnis des Kunden nicht ausreichend befriedigen und weitere Fahrplanauskünfte zur Absicherung der Fahrt eingeholt werden.

Durch die aktuellen Fahrplaninformationen werden vermehrt Linienverbindungen genutzt, für die keine Verspätungen prognostiziert werden. Vor allem im Stadtkreis Ulm mit seinem guten ÖV-Angebot weichen die Kunden im Verspätungsfall auf andere Verbindungen aus, so dass bis zu einem Viertel weniger Fahrten mit Verspätungen durchgeführt werden und damit die Kundenzufriedenheit implizit erhöht werden können. Die am stärksten diskriminierende Variable für die Nutzung des Dienstes ist der Besitz einer Zeitkarte und damit die Häufigkeit der ÖPNV-Nutzung.

5.3.3 Einfluss von Informationen auf den Modal-Split

Insgesamt wurden in dem Planspiel fast 23.000 Entscheidungen zur Wahl des Verkehrsmittels und des Informationsdienstes von den Probanden getroffen. Während Informationsmedien in jeder Entscheidungssituation raum- und zeitunabhängig verfügbar waren, variierte der Auswahlsatz der Verkehrsmittel in Abhängigkeit von objektiven Zwängen (z. B. Pkw-Verfügbarkeit) und subjektiven Gründen (z. B. Einstellung oder Informiertheit), so dass eine echte Wahlsituation nicht immer vorhanden war. Dies hatte zur Konsequenz, dass bei 38 % der Entscheidungen zur Verkehrsmittelwahl im Szenario Status quo bzw. 31 % im Szenario Innovation keine Verkehrsmittelalternativen disponibel waren. Durch die dynamischen Informationsdienste wird ein hoher Grad der Informiertheit erreicht und der Anteil der subjektiv an ein Verkehrsmittel gebundenen Verkehrsteilnehmer verringert sich um 7 Prozentpunkte.

Mit Unterstützung der Online-Fahrplanauskunft ist der Verkehrsteilnehmer in der Lage, aktuell und komfortabel alternative Verkehrsmittel und komplexe Verbindungen in seiner Verkehrsmittelwahl zu berücksichtigen. Wie in Tabelle 7 zu erkennen ist, steigt im Szenario In-

novation die Anzahl der Fahrgäste, die innerhalb einer Woche den ÖPNV nutzen, von 75 % auf 82 %. Bei den Stammkunden (Nutzungshäufigkeit von 76 % - 100 %) ist innerhalb des Segmentes zu beobachten, dass innovative Informationsdienste die Kundenbindung erhöhen und weitere 6 % der Wege auf Bus und Bahn verlagert werden.

Anteil der ÖPNV-Wege an allen Wegen [%]	Anteil aller Personen in Prozent [%]	
	Szenario Status quo	Szenario Innovation
0	25	18
1-25	14	13
26-50	10	16
51-75	23	23
76-100	28	30

Tabelle 7: Häufigkeitsverteilung der ÖPNV-Wege auf Personenebene

Es wird deutlich, dass Informationen vor der Fahrt die gewohnte Verkehrsmittelnutzung erleichtern und die Wahlentscheidung absichern. Radioinformationen erhöhen die Nutzung des MIV und Fahrplaninformationen die Nutzung des ÖPNV. Obwohl die Mehrheit der Wege im Alltagsverkehr ohne Informationen durchgeführt wird, ist eine schwache Korrelation (Korrelationskoeffizient $r = 0,31$) zwischen dem genutzten Informationsmedium und dem gewählten Verkehrsmittel zu beobachten. Je höher die Qualität des Auskunftssystems im öffentlichen Verkehr ist, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, einen positiven Nutzen für den ÖPNV zu generieren.

Die Informationsbeschaffung verteilt sich bei der Wahl öffentlicher Verkehrsmittel, wie in Tabelle 8 zu sehen ist, signifikant²⁹ verschieden gegenüber Fahrten mit dem Pkw. Es ist nicht überraschend, dass Pkw-Fahrer vor Antritt der Fahrt kaum Fahrplaninformationen abrufen und nach der Einführung dynamischer Komponenten im Szenario Innovation keine höheren Nutzungen auf Wegebene zu beobachten sind. Das Hauptinformationsmedium für Fahrten mit dem ÖV ist in Abhängigkeit vom Szenario mit 10 % bzw. 16 % die Online-Fahrplanauskunft.

²⁹ Signifikant zum 1%-Niveau.

Informationsmedium	gewähltes Verkehrsmittel			
	Pkw		ÖPNV	
	Szenario			
	Status quo	Innovation	Status quo	Innovation
keine	92,0 %	95,4 %	81,9 %	80,3 %
Radio	5,3 %	3,3 %	3,7 %	1,0 %
Fahrplanbuch	1,3 %	0,4 %	1,7 %	0,8 %
Online-Auskunft	0,6 %	0,7 %	10,1 %	16,4 %
Radio+Fahrplanbuch	0,5 %	0,1 %	0,5 %	0,1 %
Radio+Online-Auskunft	0,3%	0,1%	2,1%	1,4 %

Tabelle 8: Informationsbeschaffung in Abhängigkeit vom gewählten Verkehrsmittel

Neben den Zugewinnen durch Echtzeitinformationen sind auch Abwanderungen von Fahrten mit dem ÖPNV zu alternativen Verkehrsmitteln zu erwarten. So liegt die Wechselquote nach einer aktuellen Verspätungsinformation hin zum MIV bei 10 % und zum NMIV bei 15 %. Ca. 10 % der Wechsel werden nach einer aktiven Anfrage der Fahrplanauskunft und 90 % nach ereignisgesteuerten Informationsmeldungen getätigt. Der hohe Wirkungsgrad des PID/RID-Dienstes bestätigt sich im Kannibalisierungseffekt. Die Übergangswahrscheinlichkeit vom Linienverkehr auf die flexiblen Bedienformen ist z. B. bei einer automatischen Meldung der Informationsagenten fünfmal höher als nach der identischen Meldung, die über die dynamische Auskunft selbst eingeholt wurde.

Jedoch findet die Abwanderung vom Hauptverkehrsmittel nur singulär in bestimmten Entscheidungssituationen statt. MIENERT [Mien06] bestätigt diesen Zusammenhang, indem er anführt, dass kurzfristige Ereignisse zwar eine Verhaltensanpassung auslösen, aber die Bindung zum Hauptverkehrsmittel groß genug ist, so dass keine längerfristigen Wanderungen zu erwarten sind.

Bei 70 % der durchgeführten Wege im Planspiel findet zwischen den Szenarien eine stabile Nutzung der Verkehrsmittel statt und neue Informationsdienstleistungen bewirken keine Verhaltensänderung. Bei zwei Drittel aller Wahlentscheidungen, bei denen ein Verkehrsmittelwechsel zwischen den Szenarien stattfindet, wird im Vorfeld eine Pre-Trip-Fahrplaninformation abgerufen (siehe Tabelle 9). Für die Übergänge auf den Linienverkehr (unabhängig vom Verkehrsmittel im Status quo) war das Abrufen der Fahrplanauskunft signifikant entscheidend. Bei der Untersuchung von Verkehrsmittelübergängen in unterschiedlichen Raumstrukturen zeigen sich nur geringe Unterschiede. Im Stadtkreis Ulm wird häufiger vom Pkw auf den Linienverkehr gewechselt, wohingegen in den ländlichen Regionen des Alb-Donau-Kreises vermehrt eine Kannibalisierung zwischen Linien- und Flächenverkehren zu beobachten ist.

Verkehrsmittelwechsel zwischen den Szenarien	Anteil Wechsel mit Fahrplaninformation	Anteil Wechsel ohne Fahrplaninformation
generell	66,4 %	33,6 %
auf Linienverkehre	73,4 %	26,6 %
auf Pkw	30,2 %	69,8 %

Tabelle 9: Wechsel des Verkehrsmittels mit/ohne vorherige/r Fahrplaninformation

Ein gewünschter Effekt von Echtzeitinformationen im ÖPNV ist die Reduktion der Reisezeiten für die durchgeführten Wege. Aufgrund der Anpassung des Mobilitätsverhaltens (u. a. was die Wahl der Abfahrtszeiten, die zeitliche Verschiebung von Aktivitäten und die Verkehrsmittelwahl betrifft) an die aktuelle verkehrliche Situation beträgt die Reisezeitersparnis der Verkehrsteilnehmer durchschnittlich 19 Stunden/Jahr. Mit qualitativ hochwertigen Informationsagenten wie dem ereignisgesteuerten PID/RID-Dienst kann in Abhängigkeit von der Betriebs- und Verkehrslage ein Zeitgewinn von bis zu maximal 20 Minuten pro Person und Tag erzielt werden.

5.4 Einstellungsorientierung und Nutzerakzeptanz

Die Daten der einstellungsorientierten Zusatzfragen werden zunächst deskriptiv für zentrale Variablen analysiert. Kausalanalytische Abhängigkeiten werden mit Hilfe multivariater Untersuchungen in Kapitel 6.4 aufgezeigt. Insgesamt gehen 374 Fragebögen mit jeweils 42 Items in die Analyse ein.

In Tabelle 28 bis Tabelle 30 (siehe Anhang Abschnitt 2) sind die Itembatterien für die latenten Konstrukte und deren statistischen Kennwerte detailliert dargestellt. Die arithmetischen Mittelwerte (MW) für ausgewählte Akzeptanzindikatoren, die das Informationsverhalten erklären, werden nachfolgend kurz aufgezeigt: Auf einer bipolaren Skala von -3 bis +3 schätzen die Probanden vor allem die erhöhte Planungssicherheit durch Echtzeitinformationen (MW 1,83) und die Chance frühzeitig Reaktionsmöglichkeiten kennen zu lernen (MW 1,64), positiv ein. Die Grundeinstellung zu innovativen Informationsdiensten im ÖPNV (MW 1,49) zeigt, dass die Mehrzahl der Verkehrsteilnehmer neuen IuK-Technologien aufgeschlossen gegenüberstehen.

Die Veränderung von Akzeptanz und Kundenzufriedenheit durch dynamische Informationsdienste (siehe Abbildung 19) kann zwischen den Szenarien durch Vergleich der Mittelwerte der Items abgebildet werden. Insbesondere der Umfang der angebotenen Informationen und die Benutzerfreundlichkeit führen zu einer deutlichen Steigerung der Kundenzufriedenheit. Der wahrgenommene Nutzen und die Absicht, Fahrplaninformationen im Alltag abzurufen, weisen weniger positive Veränderungen zwischen den Szenarien auf. Ein Grund hierfür liegt

darin, dass eine explizite Trennung zwischen dem ÖV-Angebot und dem Fahrplanauskunftssystem im Bewusstsein der Verkehrsteilnehmer nicht stattfindet. Die Fahrplaninformationen werden als Teil des öffentlichen Verkehrs wahrgenommen und entsprechend positiv wirkt sich dies auf die Beurteilung des gesamten ÖV-Systems (Mittelwertdifferenz von 0,38) aus. Dennoch existiert zwischen der subjektiven Einschätzung (MW 1,49) und der schlussendlichen Absicht (MW 0,91), Informationen abzurufen, eine große Abweichung der gemittelten Akzeptanzindikatoren. Dies zeigt, dass die Kundenzufriedenheit durch neue Informationssysteme zwar gesteigert werden kann, der wahrgenommene Mehrwert jedoch nicht zwingend in Handlungen umgesetzt wird.

Obwohl die Informationsdienste im Planspiel benutzerfreundlich umgesetzt wurden, hat sich der subjektive Aufwand (Mittelwertdifferenz von 0,22) der Bedienung für die Probanden erhöht. Für eine hohe Akzeptanz ist es daher notwendig, die Systeme nicht zu komplex auszugestalten, da die Systemzugangshürden die potenzielle Nutzung und Nichtnutzung beeinflussen.

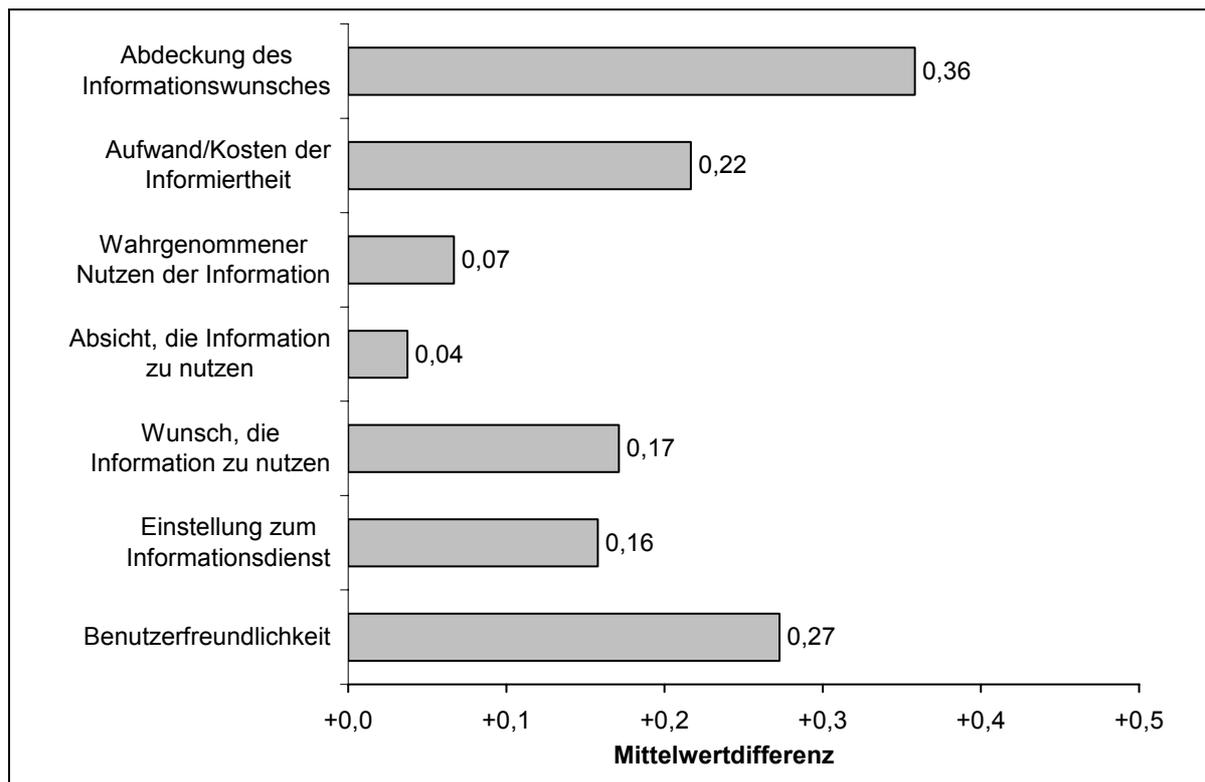


Abbildung 19: Veränderung der Kundenzufriedenheit durch verkehrstelematische Maßnahmen (Vergleich der mittleren Werteinschätzungen)

5.5 Planspielverhalten versus realisiertes Verhalten

Die Unsicherheiten bei der Anwendung von hypothetischen Messverfahren wurden in Kapitel 3.2 beschrieben. Deren Vorteil liegt darin, in die Ausgestaltung der Informationsdienste wichtige Evaluationserkenntnisse einfließen zu lassen und eine kostenintensive Pilotphase zu substituieren. Die Qualität der Erhebungsergebnisse kann durch die Gegenüberstellung von Mobilitätsindikatoren aus der Planspielsimulation und realem Verhalten der Probanden aus den Eingangsfragen näherungsweise abgeschätzt werden.

Bei den Probanden ist eine Übereinstimmung der Wahl der Hauptverkehrsmittel in der Realität und im Planspiel von ca. 77 % zu beobachten. Aufgrund der Randbedingungen in der Planspielsimulation sind die Verkehrsmittel Rad und „zu Fuß“ zu Gunsten von Bus und Bahn unterrepräsentiert. Das heißt, eine direkte Ableitung des realen Modal-Splits in der Region Ulm ist aus dem Verkehrsmittelwahlverhalten im Planspiel nicht möglich.

Während in der Realität 59 % der Personen eine Zeitkarte im ÖPNV besitzen, liegt der Anteil der Zeitkartenbesitzer im Planspiel mit 66 % geringfügig höher. Da im Planspiel aufgrund simulierter Störvariablen die Verkehrsmittel Rad und „zu Fuß“ zum Teil nur eingeschränkt verfügbar waren, kann der Vergleich des Hauptverkehrsmittels nur eingeschränkt für ÖPNV- und MIV-Anteile vorgenommen werden. 90 % der ÖPNV-Stammkunden wählen nicht nur in der Realität, sondern auch im Planspiel Bus und Bahn als Hauptverkehrsmittel. Vergleicht man die Wahl der Hauptverkehrsmittel in der Realität und im Planspiel, so ist zu erkennen, dass Zeitkartenbesitzer und Probanden aus dem Stadtkreis Ulm die größte Korrelation der Verkehrsmittelwahl zwischen Planspiel und Realität aufweisen.

Bei MIV-affinen Probanden ist die Diskrepanz zwischen Wahl des Hauptverkehrsmittels in der Realität und im Planspiel größer. 61 % der Planspieler, die in der Realität den Pkw als Hauptverkehrsmittel angeben, haben auch im Planspiel im Verlauf einer Woche den Pkw am häufigsten genutzt. Die Ursachen für die Abweichungen können im Kern dadurch begründet werden, dass zum einem für kurze Wege häufig das Rad genutzt wurde und zum anderen die Nutzungsbarrieren für öffentliche Verkehrsmittel im Planspiel geringer als in der Realität sind.

Auf einer bipolaren Skala von -3 bis +3 werden sowohl das Sichhineinversetzen in die Planspielsituation (Mittelwert 1,2) wie auch die Übereinstimmung mit dem realen Verhalten (Mittelwert 0,6) positiv beurteilt. Mit der Planspielerhebung konnte in den Entscheidungssituationen eine qualitativ hochwertige Datenbasis mit einem hohen Detaillierungsgrad in den Entscheidungssituationen generiert werden.

6 Entwicklung eines mikroskopischen Wirkungsmodells für Informationsdienste

Mit Hilfe der Planspielsimulation wird die Datengrundlage für die mathematische Modellierung von Verhaltensreaktionen infolge dynamischer Informationsdienste auf die Verkehrsnachfrage gelegt. Das Ziel der Modellierung besteht darin, Einflussgrößen zu identifizieren und die Wirksamkeit der Dienste im Falle einer flächendeckenden Einführung zu bewerten. Aufbauend auf den analysierten Entscheidungsprozessen und Befunden wird im folgenden Kapitel ein informationssensitives Modell zur Darstellung der Zusammenhänge zwischen Informationen und Verkehrsmittelnutzung entwickelt. Bevor die Beschreibung des Modellkerns erfolgt, werden zunächst allgemeine Überlegungen zur Operationalisierung des Modells angestellt.

6.1 Vorüberlegungen

Dass grundsätzlich Einflüsse auf Wahlentscheidungen durch Informationen zu erwarten sind, zeigen sowohl die Literaturlauswertung (siehe Kapitel 3.4) als auch die deskriptive Analyse der Planspielsimulation (siehe Kapitel 5). Aktuelle und detaillierte Informationen bilden die Grundlage für eine objektive Entscheidung. Die dynamische Fahrgastinformation reduziert bestehende Nutzungsbarrieren und erhöht die Planungssicherheit für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel. Insbesondere Fahrplaninformationen, die über den PC oder das Handy abrufbar sind, führen häufiger zu einer Realisierung der Fahrten mit dem ÖPNV als klassische Informationsmedien (vgl. BOLTZE [Bolt02]).

Um die Effekte dynamischer Informationen auf das Verkehrsverhalten abbilden zu können, ist ein präzises Verständnis der individuellen Präferenzen und situationsabhängigen Verhaltensweisen erforderlich. Zur Abbildung des Informations- und Verkehrsmittelwahlverhaltens wurde ein mikroskopischer Modellansatz mit der Betrachtung von Einzelentscheidungen entwickelt. Da bislang nur wenige Erfahrungswerte mit mikroskopischen Modellen für die Abschätzung von Wirkungspotenzialen von IuK-Technologien im ÖPNV vorliegen, wurden bestehende Modellansätze und Analogien verschiedener Fachdisziplinen (siehe Kapitel 3.3) dahingehend geprüft, inwieweit eine Übertragung auf diese spezielle Fragestellung möglich ist.

Durch die enge Verzahnung zwischen der Entwicklung der Planspielsimulation und der Datenstruktur entstehen hervorragend geeignete Grundlagendaten zur Entwicklung eines Wirkungsmodells. Als Eingangsdaten für die Modellierung stehen geplante und realisierte Aktivi-

tätismuster mit situationsspezifischen Indikatoren, wie z. B. Abfahrtszeit, Ankunftszeit, Zweck der Fahrt, gewähltes Verkehrsmittel, zeitliche Verschiebungen gegenüber der ursprünglichen Planung sowie Nutzung der verschiedenen Informationsmedien, zur Verfügung. Daneben sind generelle soziodemografische Kennwerte, subjektive Bewertungen sowie Erfahrungen der handelnden Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen, um verhaltensbeeinflussende Parameter für die Wahlentscheidungen ableiten zu können. Der mikroskopische Ansatz erlaubt es, sowohl individuelle Entscheidungsprozesse als auch kollektive Veränderungen des Gesamtsystems zu betrachten.

Mit dem Modellansatz kann die Nutzerakzeptanz der Informationsdienste und deren Einfluss auf Verkehrsmittelwahlentscheidungen evaluiert werden. Auswirkungen z. B. bei unterschiedlichen Akzeptanzraten innerhalb der Bevölkerung oder die Umstellung auf dynamische Informationskomponenten können ohne Feldversuche abgeschätzt werden.

6.2 Modellstruktur

Die Gründe, warum sich der Verkehrsteilnehmer Informationen beschafft, sind vielfältig. Einerseits existiert eine Unzufriedenheit mit zurückliegenden Wahlentscheidungen oder aber zumindest der Wunsch, neue Alternativen mit Hilfe von Informationen zu konstruieren, da allein mit Erfahrungswerten keine akzeptablen Alternativen generiert werden können. Hier ist eine reflektive Bewertung Auslöser für den erneuten Denkprozess über das routinisierte Entscheidungsverhalten. Andererseits ist für (potenzielle) Kunden die Informiertheit über aktuelle Abfahrts- und Reisezeiten vor Antritt der Fahrt für die Frage von großer Bedeutung, ob öffentliche Verkehrsmittel genutzt werden oder nicht.

Bei der Modellierung der Akzeptanz und Nutzung von Informationssystemen werden nur Informationen berücksichtigt, die unmittelbar bei der Planung der Fahrt zur Verfügung stehen. Informationen an der Haltestelle oder während der Fahrt mit Bus und Bahn werden nicht einbezogen, da erkennbare Reaktionspotenziale kaum gegeben sind. Was letztere betrifft, sind vor allem Wirkungen auf eine verbesserte subjektive Wahrnehmung zu erwarten, welche erst langfristig zu einer Verhaltensänderung führen können. Allerdings müssen sich Informationen auch an ihrer Qualität messen lassen und so führen falsche Angaben und Prognosen zu einer rückläufigen Nutzungsabsicht.

Der Kern der Modellierung besteht in der Nachbildung des Mobilitätsverhaltens der Verkehrsteilnehmer unter dem Einfluss von Echtzeitinformationen und ereignisgesteuerten Informationsdiensten. Die Auswertung der erhobenen Daten ergibt einen in vier Module unterteilten Modellansatz (siehe Abbildung 20), mit dem mikroskopisch die Wahlentscheidungen bezüglich der Informationsbeschaffung und des Verkehrsmittels unter Berücksichtigung kog-

nitiver Einflüsse abgebildet werden. Dabei werden einige Teile des Modells sequentiell für jede anstehende Entscheidungssituation durchlaufen, andere jedoch nur zu Beginn in der Initialisierungsphase der Simulation.

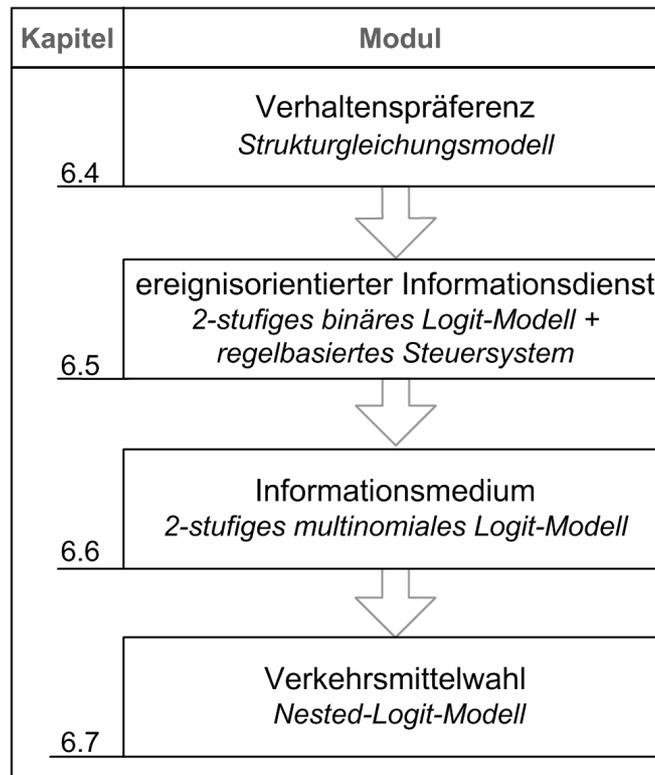


Abbildung 20: Überblick der Modellstruktur

Zunächst werden die Nutzer von IuK-Technologien nach ihrer Nutzungshäufigkeit in Technikaffinitätsklassen segmentiert und mit dem Simulationsdatensatz verknüpft. Für die Nutzungsbereitschaft ist die Akzeptanz der Informationssysteme ein wichtiger Faktor, der durch individuelle Verhaltenspräferenzen und Einstellungen geprägt ist. In dem ersten Modul „Verhaltenspräferenz“ wird die Wahrnehmung und Bewertung von Informationsdiensten im ÖPNV mit der sozialwissenschaftlichen Handlungstheorie des geplanten Verhaltens (TOPB) umgesetzt. Zur Ableitung von Einflussindikatoren auf die Nutzerakzeptanz wird ein Strukturgleichungsmodell aufgestellt; sodann werden die Beziehungen zwischen latenten Variablen, die nicht direkt beobachtet oder gemessen werden können, und direkt messbaren Größen empirisch überprüft. Anschließend werden individuelle Intentionswerte zur Nutzung der Informationssysteme mit dem Strukturgleichungsmodell berechnet und als Einflussfaktoren in die Nutzenfunktionen der Informations- und Verkehrsmittelwahlmodelle integriert.

Das Akzeptanzmodell bildet die Inanspruchnahme von Informationsdiensten im Ablauf der eigentlichen Simulation, also quasi im Verlauf des Tages, ab. Es ist in die Module „ereignisorientierter Informationsdienst“ und „Informationsmedium“ unterteilt. Das zweite Modul „ereignisorientierter Informationsdienst“, bildet die Nutzerakzeptanz des PID/RID-Dienstes (nur

Szenario Innovation) ab, der automatisch als Push-Dienst im Fall von Störungen im Betriebsablauf des öffentlichen Verkehrs aktuelle Fahrplaninformationen versendet. Vor Beginn der Fahrt stehen dem Verkehrsteilnehmer verschiedene Informationsmedien (Pull-Systeme) raum- und zeitunabhängig zur Verfügung. Das dritte Modul, „Informationsmedium“, bestimmt, ob Informationen über Radio, Fahrplanbuch oder die Online-Fahrplanauskunft abgerufen werden. Auch die Wahl „keine Information“ ist eine Entscheidung. Nach der Informationsbeschaffung legt sich die Person mit der Verkehrsmittelwahl für eine bestimmte Abfahrtszeit und Routenwahl fest. Das Modul „Verkehrsmittelwahl“ wird als Nested-Logit-Modell umgesetzt und enthält neben Linienverkehren auch flexible Bedienformen als Alternativen für die Wahlentscheidung. Um die Einflüsse der Informationskomponente abzubilden, wird in die Nutzenfunktion das simulierte Informationsmedium integriert.

Der Entscheidungsprozess bezüglich der Nutzung von Informationssystemen und die nachgelagerte Verkehrsmittelwahl sind voneinander abhängig. Dabei sind Informationen im Alltagsverkehr überwiegend als Mittel zum Zweck zu verstehen, das präferierte Hauptverkehrsmittel zu bestätigen bzw. vorausschauend eine möglichst störungsfreie Fahrt sicherzustellen. Besonders im ÖPNV ist für Neukunden und Nutzer von buchungs- bzw. anmeldepflichtigen flexiblen Angeboten das Abrufen von Informationen zwingend notwendig. Aufgrund der Erreichbarkeit der alltäglichen Ziele mit Linien- und flexiblen Flächenverkehren wird die Anpassung der Wunschabfahrtszeit an Fahrplanzeiten vereinfachend über Verteilungsfunktionen nachgebildet. Prinzipiell ist zwar ein Verkehrsmittelwechsel während der Fahrt durch aktuelle Informationen über die Verkehrslage mit erhöhtem Aufwand möglich, kann aber in Abhängigkeit von Restriktionen als vernachlässigbar klein angesehen werden, so dass intermodale Verkehre nicht abgebildet werden.

Infolge dynamischer Informationsdienste ergeben sich andere Voraussetzungen und Verhaltensabsichten als mit statischen Komponenten. Dies führt letztendlich zu unterschiedlichen Vertrauensbereichen und Freiheitsgraden im Verhalten der Probanden, so dass positive Erfahrungen mit Informationsdiensten ein anderes Verständnis für die Verkehrsmittelwahlentscheidung bewirken. Die informationssensitiven Parameter können nicht als additive Komponente aus einer statischen und dynamischen Informationswelt abgeleitet werden. Daher besteht der Modellkern aus zwei Parametersätzen, die jeweils die Entscheidungssituationen in den Szenarien Status quo und Innovation abbilden. Der Fokus der Operationalisierung liegt auf der Verknüpfung von soziodemografischen und einstellungsorientierten Variablen.

Das Modell ist modular aufgebaut und einzelne Module sind prinzipiell erweiter- und austauschbar. Beispielsweise kann ein dynamischer Informationsdienst für den MIV oder ein verkehrsträgerunabhängiger Informationsagent integriert werden.

6.3 Modellgrundlagen

Neben direkt messbaren Einflussfaktoren (manifesten Variablen) werden bei innovativen Produkten vermehrt latente Konstrukte herangezogen, um soziologische und psychologische Verhaltensmerkmale, wie z. B. Einstellung oder Akzeptanz, mit stellvertretenden Indikatoren zu beschreiben. Als ein Indikator für die Aufgeschlossenheit gegenüber technologischen Entwicklungen und, implizit, für die Nutzung von Informationssystemen kann die Technikaffinität und Innovationsfreudigkeit von Individuen aufgefasst werden. Im Verkehrsbereich existiert eine Vielzahl verschiedener Ansätze, mit denen Personen nach relevanten Variablen, wie beispielsweise dem Besitz von PC und Mobiltelefon, über Regressions- oder Clusteranalysen segmentiert werden (vgl. EBERHARD [Eber05] oder FRANKEN et al. [FrLu05]). Bei allen Ansätzen wird unterstellt, dass mit zunehmender Begeisterung für Technik und Innovation die Wahrscheinlichkeit der Nutzung von verkehrstelematischen Systemen signifikant ansteigt.

Allgemein versteht man unter dem Begriff Clusteranalyse ein Verfahren zur Bildung von Gruppen, die intern homogene Eigenschaftsstrukturen aufweisen und extern möglichst kaum Ähnlichkeiten besitzen. Das Ziel besteht darin, aus einer heterogenen Grundgesamtheit homogene Teilmengen zu identifizieren. Das Verfahren wird angewandt, um aus den individuellen Nutzungsprofilen von Internet, PC und Mobiltelefon (inklusive SMS) innerhalb einer Woche Nutzergruppen zu bilden und durch soziodemografische und -ökonomische Variablen zu beschreiben. Letztendlich soll ausgehend von den persönlichen Merkmalen eine Indikatorvariable als Eingangsvariable für die Akzeptanzmodelle der Informationsdienste gewonnen werden. Die gewählte Gruppierung erfolgt unter Verwendung des hierarchischen Ward-Verfahrens, bei dem als Proximitätsmaß das Varianzkriterium (quadrierte Euklidische Distanz) verwendet wird [BaEr87][FaBe95].

Als hinreichend für die vorliegende Fragestellung erscheint eine Bildung von drei Gruppen. Die Cluster unterscheiden sich signifikant voneinander und sind innerhalb der Gruppen homogen. Nachfolgend werden die Personengruppen innerhalb der drei Cluster kurz skizziert:

Cluster 1: In diesem Cluster (41,8 % der Probanden) befinden sich technisch affine Personen, die fast jeden Tag das Internet und durchschnittlich an vier Tagen in der Woche das Mobiltelefon nutzen. Mit technischen Geräten sind sie überdurchschnittlich ausgestattet. Sie sind zumeist erwerbstätig, in mittlerem Alter bis 40 Jahre, leben meist in einer jungen Familie mit Kind und besitzen einen überdurchschnittlichen Bildungsgrad.

- Cluster 2: Im Gegensatz dazu sind Personen aus dem zweiten Cluster (20,7 %) eher technikdistanziert. Sie benutzen an zwei Tagen in der Woche das Mobiltelefon und nur selten ist ein PC im Haushalt vorhanden. Es handelt sich zumeist um Personen, die über 60 Jahre alt sind und eine hohe Bindung an den ÖPNV aufweisen.
- Cluster 3: In der letzten Gruppe (37,5 %) befinden sich die aufstrebenden Innovatoren, die fast alle über einen PC verfügen, jeweils an drei Tagen das Internet und das Mobiltelefon nutzen und im Durchschnitt fast jeden zweiten Tag SMS versenden. Die zumeist jungen Leute bis 25 Jahre gehen noch einer Ausbildung nach, wohnen bei ihrer Familie und haben eine hohe Bindung an den Pkw.

6.4 Modul Verhaltenspräferenz

Aus dem empirischen Datensatz des einstellungsorientierten Messinstruments (vgl. Kapitel 4.6) lässt sich nach der Theorie des geplanten Verhaltens (TOPB) ein verbales Hypothesengerüst (siehe im Anhang Abschnitt 4-Tabelle 31) spezifizieren. Im Anschluss daran kann ein Pfaddiagramm erstellt und die mathematische Modellstruktur identifiziert werden. Die Überprüfung der theoretischen Zusammenhänge zwischen den Messvariablen (Items) und den hypothetischen (latenten) Konstrukten erfolgt mittels eines multivariaten Analyseverfahrens.

Um kognitive Veränderungen infolge der IuK-Technologien messen zu können, ist es erforderlich, für beide Szenarien ein theoretisches Kausalmodell aufzustellen. Die Analyse der Präferenzstrukturen im Rahmen des Strukturgleichungsmodells ermöglicht es, empirisch zu überprüfen, ob z. B. die Angebotsverbesserung durch dynamische Informationskomponenten den beabsichtigten Effekt auf die Wahrnehmung der Nutzungskonsequenzen und die Verhaltensabsicht (Intention) erzielen. In Abhängigkeit von dieser Bewertung können anschließend die präsentierten Informationsdienste an die Bedürfnisse und Wünsche der Nutzer angepasst werden. Die Veränderung der Verhaltensabsichten wird als Attraktivitätssteigerung des ÖPNV aufgefasst.

Trotz der bekannten Interaktionen zwischen den beiden Entscheidungsprozessen bezüglich Informations- bzw. Verkehrsmittelwahl werden die Einflüsse getrennt voneinander analysiert, damit die Betrachtung isolierter Maßnahmeneffekte möglich ist. Demzufolge wird das Struktur- bzw. Messmodell separat für die Nutzung von Informationsdiensten und des ÖPNV aufgestellt.

Für die Beschreibung der Informationsverarbeitungsprozesse werden zunächst die Determinanten der Nutzerakzeptanz identifiziert und in einem Pfaddiagramm spezifiziert. Das Ausgangsmodell zeigt in Abbildung 21 die operationalisierte Umsetzung der latenten Verhaltenskonstrukte „Einstellung“, „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ und „soziale Norm“ in Anlehnung an die Strukturen der TOPB.

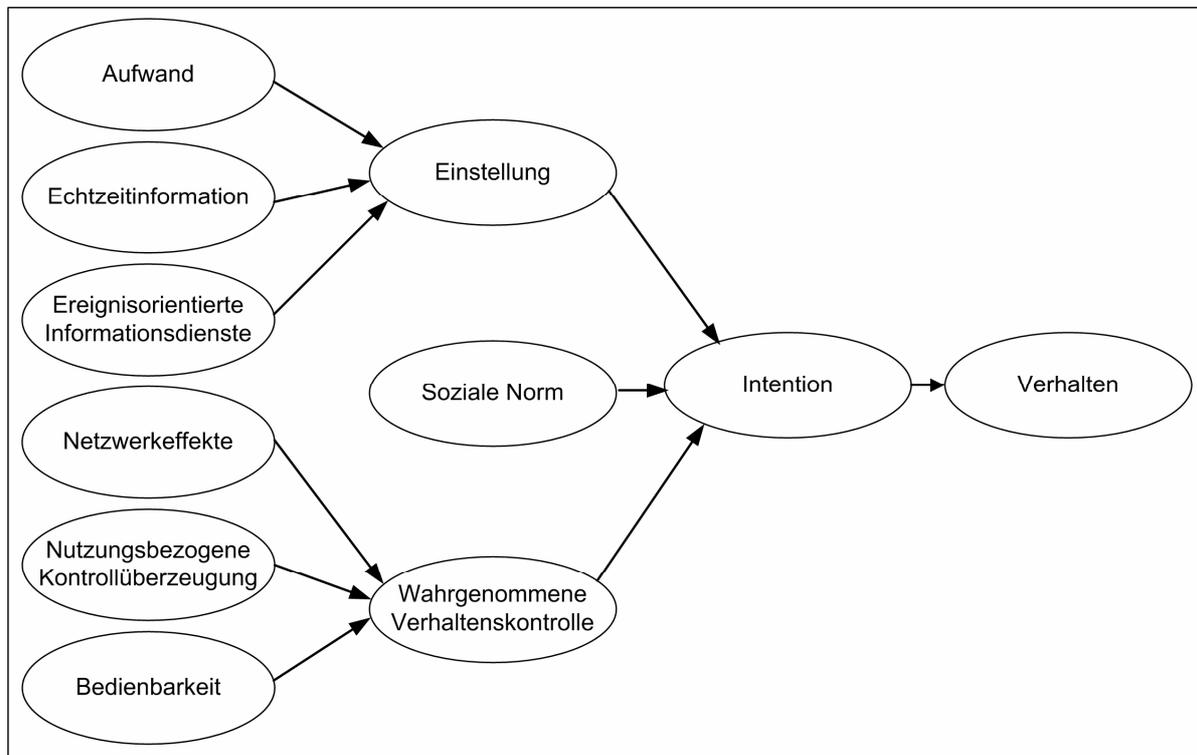


Abbildung 21: Pfaddiagramm des Ausgangsmodells für die Nutzung von Informationsdiensten

Mit Hilfe einer Faktorenanalyse wurden die beobachteten Items hinsichtlich ihrer postulierten Zugehörigkeit zu den Konstrukten überprüft. Die Reliabilität der Messindikatoren zur Beschreibung der Konstrukte zeigt der Cronbachs Alpha-Koeffizient, der für die Konstrukte „Einstellung“, „Intention“ und „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ mit Werten von 0,84, 0,83 und 0,61 geschätzt wird. Insgesamt ist die Reliabilität und Zuordnung der Items zu den Verhaltenskonstrukten im Szenario Status quo eindeutiger, was auf größere Unsicherheiten in der Ableitung eines Nutzenvorteils durch dynamische Informationsdienste im Szenario Innovation zurückzuführen ist.

Den Zusammenhang zwischen den mittleren Bewertungen der latenten Variablen und der Abrufhäufigkeit der Online-Informationssysteme im Laufe einer Woche zeigt die Abbildung 22. Mit zunehmender Nutzungsintensität von Fahrplaninformationen im Planspiel erhöht sich die Bewertung der Verhaltenskonstrukte „Einstellung“ und „Verhaltensabsicht“. Es zeigt sich, dass auch bei Nichtnutzung eine positive Grundeinstellung gegenüber Informationssystemen existiert, weswegen der Nutzungswiderstand für dieses Kundensegment als gering einzu-

schätzen ist. Im Vergleich dazu liegt die Bewertung der „Einstellung“ gegenüber dem ÖV-System bei Nichtnutzern im negativen Bereich, was die Nutzungsabsicht zunächst mindert. Steigt die Anzahl der Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln im Planspiel, erhöht sich auch die mittlere Bewertung der Verhaltenskonstrukte „Einstellung“ und „Verhaltensabsicht“.

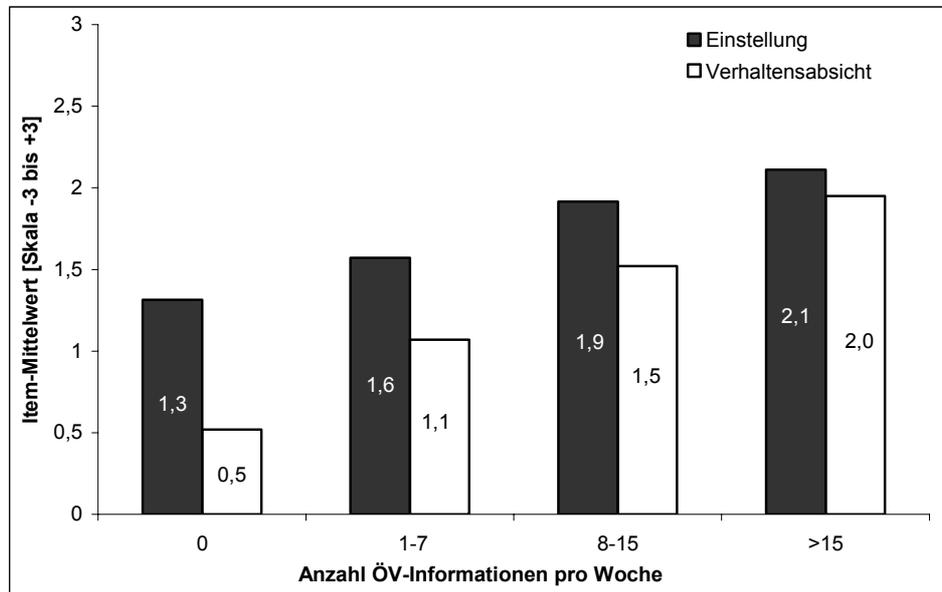


Abbildung 22: Latente Verhaltenskonstrukte und Informationsnutzung (Szenario Status quo)

Bei der regressionsanalytischen Betrachtung (siehe Abbildung 23) wird zunächst der Einfluss der Verhaltensindikatoren als unabhängige Variablen auf die latenten Konstrukte überprüft. Vergleicht man den Einfluss der einzelnen Indikatoren, so hat die subjektive Bewertung der Flexibilität eines Verkehrsmittels die größte Bedeutung für die Einstellung zum ÖV ($\beta=0,23$), gefolgt von einem stressfreien Fahren ($\beta=0,20$) und den Kosten ($\beta=0,11$). Das R-Quadrat für die „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ beträgt 0,36 und wird am stärksten vom vorhandenen Angebot, der Umweltfreundlichkeit, der Reisezeit und der persönlichen Situation determiniert. Bezogen auf die „Verhaltensabsicht“ (Intention/R-Quadrat=0,38), den ÖPNV zu nutzen, hat die „Einstellung“ gegenüber öffentlichen Verkehrsmitteln den größten Effekt ($\beta=0,54$) auf das Verhalten.

Da im Rahmen der Arbeit kein reales Verhalten gemessen wurde, kann in einem ersten Analyseschritt nur das Planspielverhalten mit den latenten Konstrukten regressiert werden. Dabei zeigt sich, dass zwar eine direkte Korrelation zwischen „Intention“ und „Verhalten“ mit einem Beta-Gewicht von 0,82 vorliegt, jedoch die „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ den größten Einfluss ($\beta=1,89$) auf das Verhalten im Planspiel ausübt.

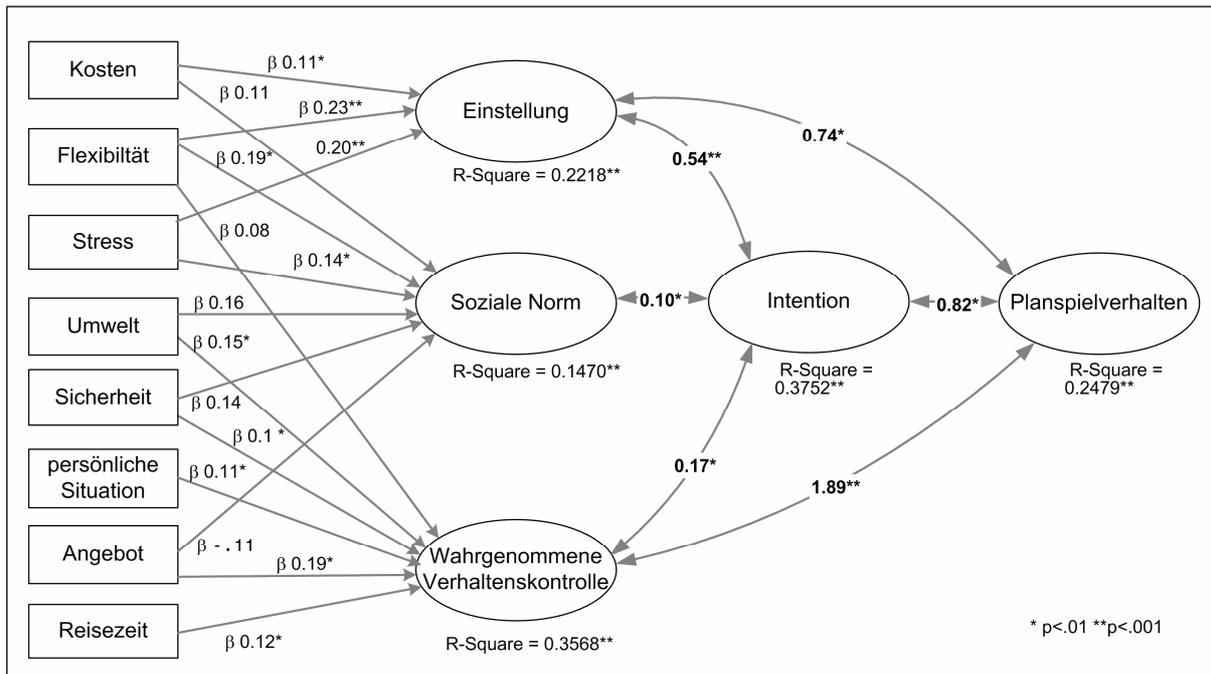


Abbildung 23: Regressionsanalyse für die Verhaltensabsicht der ÖV-Nutzung (Szenario Status quo)

Die in Tabelle 10 aufgeführten Schätzwerte der Regressionsanalyse für die Nutzung von Informationssystemen im ÖPNV lehnen sich an das skizzierte Rahmenkonzept (vgl. Abbildung 21) an. Das wichtigste Kriterium für die „Intention“ ist die „Einstellung“ ($\beta=0,49$), gefolgt von der „sozialen Norm“ und der „wahrgenommenen Verhaltenskontrolle“. Für die „Einstellung“ ist vor allem die Attraktivität der Systeme verantwortlich, von denen der Nutzer vor dem Hintergrund seines subjektiv gespeicherten Wissens einen Mehrwert bezüglich Minimierung von Wartezeiten, optimierten Verbindungen und Verspätungshinweisen erwartet. Als wichtigste Kriterien erweisen sich die Zuverlässigkeit ($\beta=0,18$) und der Termindruck ($\beta=0,16$), der gegenüber dem Status quo durch die dynamische Komponente der Informationssysteme stark an Einfluss gewinnt. Die Konstrukte „Intention“, „Einstellung“ und „Verhaltenskontrolle“ haben auf die Informationsnutzung im Planspielverhalten nur einen schwachen Einfluss.

Die regressionsanalytische Betrachtung liefert erste Erkenntnisse über mögliche Einflussfaktoren zur Verbesserung der Informationssysteme und von deren Nutzerakzeptanz. Für die Modellierung der Entscheidungssituation ist nach bisherigem Analysestand eine Kombination aus latenten und manifesten Variablen vorteilhaft.

Intention (R-Quadrat=0,34 / F: 63,36 / Pr>F 0,0001)	Beta-Koeffizient	F-Wert	Pr>F
Einstellung	0,49	63,80	0,0001
Soziale Norm	0,29	54,59	0,0001
Wahrgenommene Verhaltenskontrolle	0,06	1,12	0,2910
Einstellung (R-Quadrat=0,17 / F: 18,71 / Pr>F 0,0001)	Beta-Koeffizient	F-Wert	Pr>F
Zeitnutzung	0,15	16,92	0,0001
Optimierte Verbindung	0,13	8,37	0,0040
Verspätungshinweis	0,10	3,27	0,0712
Soziale Norm (R-Quadrat=0,14 / F: 14,77 / Pr>F 0,0001)	Beta-Koeffizient	F-Wert	Pr>F
Zuverlässigkeit	0,18	5,73	0,0152
Termindruck	0,16	8,26	0,0078
Zeitnutzung	0,15	5,84	0,0161
Aufwand	0,11	5,94	0,0150
Wahrgenommene Verhaltenskontrolle (R-Quadrat=0,13 / F: 14,58 / Pr>F 0,0001)	Beta-Koeffizient	F-Wert	Pr>F
Zuverlässigkeit	0,14	8,27	0,0043
Informationsdefizit	0,13	13,61	0,0004
Reaktionsbandbreite	0,10	4,41	0,0433

Tabelle 10: Regressionsanalyse für die Verhaltensabsicht der Informationsnutzung
(Szenario Innovation)

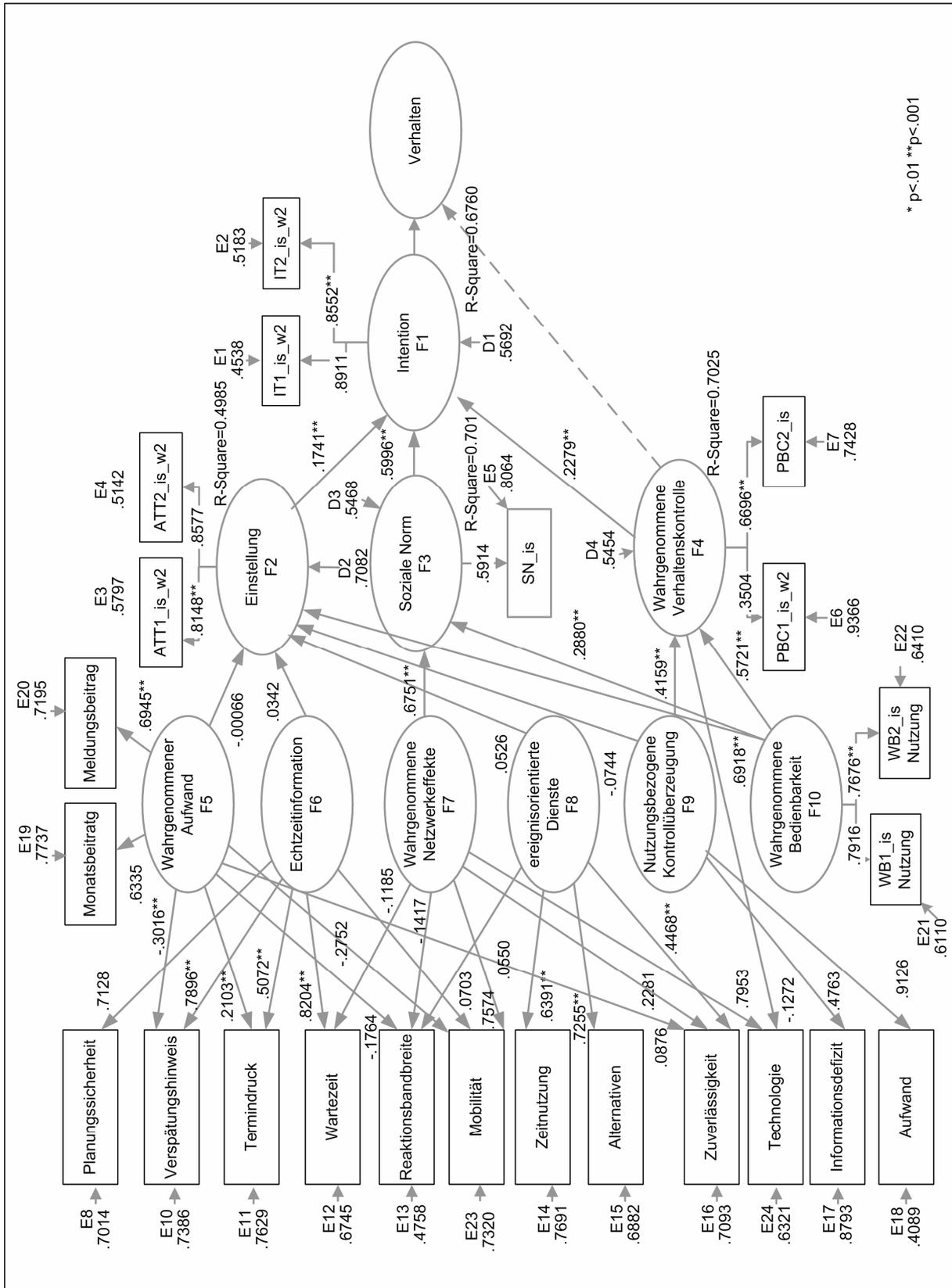
In einem weiteren Analyseschritt werden die Beziehungen mittels einer Strukturgleichungsanalyse überprüft. Der Vorteil des kovarianzbasierten Verfahrens besteht darin, dass die theoretischen Pfadstrukturen und multiplen Indikatoren der latenten Verhaltenskonstrukte simultan getestet werden. Zentrales Ziel ist es, die Unterschiede zwischen den theoretisch angenommenen und den tatsächlichen empirischen Beziehungen aufzuzeigen und durch Modifikation der Pfadstrukturen die Abweichungen zu minimieren. Das Verfahren ist in Anlehnung an HATCHER [Hatc94] zweistufig aufgebaut. Zunächst wird mittels konfirmatorischer Faktorenanalyse ein akzeptables Messmodell entwickelt, indem die Beziehung zwischen den latenten Konstrukten und ihren Indikatorvariablen aufgestellt wird. Im zweiten Schritt wird der kausale Zusammenhang zwischen den latenten Variablen hergestellt und ein Ausgangsmodell festgelegt.

Die Umsetzung der Hypothesen und kausalen Zusammenhänge erfolgt in einem Pfaddiagramm, auf dessen Grundlage die Bestimmung der Parameter erfolgt. Als Schätzverfahren wird die Maximum-Likelihood-Methode eingesetzt. Anhand der Testverfahren nach Lagrange-Multiplier und Wald sowie festgelegten Modellgütekriterien (siehe Tabelle 12) werden die Ladungen und die Pfadstrukturen iterativ modifiziert, so dass die Kausalanalyse in eine explorative Datenanalyse mündet.

Abbildung 24 stellt die standardisierten Pfadkoeffizienten des Strukturgleichungsansatzes und die Wirkungsrichtungen für die Nutzung von dynamischen Informationsdiensten im Szenario Innovation dar. Die Güte des Modells wird als ausreichend eingestuft. Die erklärte Varianz des Modells belegt mit fast 70 %, dass die gemessenen Indikatorvariablen wesentliche Prädiktoren für die Verhaltensintention darstellen. Am meisten beeinflusst wird die Nutzung der Informationssysteme von der „sozialen Norm“ ($\beta=0,6$), die vor allem durch wahrgenommene Netzwerkeffekte ($\beta=0,7$), die Nutzung innovativer Technologien ($\beta=0,8$) und die Bedienbarkeit ($\beta=0,29$) der Systeme determiniert wird.

Ein Hauptindikator dafür, ob eine positive Grundeinstellung zu Informationssystemen vorliegt, ist die nutzerfreundliche und verständliche Bedienung der Fahrplanauskunftssysteme ($\beta=0,7$). Negativ auf die Einstellung wirken Kostenstrukturen in jeglicher Ausgestaltung sowie die Befürchtung auch trotz der Inanspruchnahme hochwertiger Informationen nicht termingerecht das ausgewählte Ziel zu erreichen. Erstaunlich ist, dass spezifische Vorteile dynamischer Systeme wie Planungssicherheit, Verspätungshinweise, effektive Zeitnutzung oder Alternativenauswahl über die Konstrukte „Echtzeitinformationen“ (F6) und „ereignisorientierte Dienste“ (F7) kaum einen positiven Effekt auf die „Einstellung“ ausüben. Über die „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ ($\beta=0,23$) wird bestätigt, dass der Nutzungsaufwand und die Nutzerfreundlichkeit stabile Prädiktoren für die Intention sind. Die identifizierten Einflüsse der Verhaltenskontrollen sind in beiden Szenarien nahezu identisch. Aufgrund der Analyse können die Hypothesen (siehe im Anhang Abschnitt 4-Tabelle 31) H2, H3, H4, H5 und H7 bestätigt werden. Dagegen wird H6 abgelehnt. H1 und H8 können nicht überprüft werden.

Für die Strukturmodelle der ÖPNV-Nutzung werden in Tabelle 11 die wesentlichen Ergebnisse zusammengestellt. Gegenüber den Informationsmodellen fällt auf, dass die „wahrgenommene Verhaltenskontrolle“ einen schwachen negativen Einfluss auf die „Verhaltensabsicht“ hat, mit Bus und Bahn zu fahren. Das vorhandene Angebot sowie die Pünktlichkeit und Flexibilität im ÖPNV werden von den Probanden eher negativ beurteilt. Durch die Einführung flexibler Bedienformen kann zwar ein positiver Effekt ausgelöst werden, aber dieser ist nicht stark genug, um in positive Handlungsabsichten umgesetzt zu werden. Im Szenario Status quo beeinflusst die „Einstellung“ bezüglich Reisezeit, Flexibilität und Pünktlichkeit die „Intention“, den ÖPNV zu nutzen am stärksten.



* p<.01 **p<.001

Abbildung 24: Ergebnisse des Strukturmodells für die Nutzung von Informationsdienstleistungen (Szenario Innovation)

Latente Variable	Standardisierter Pfadkoeffizient	
	Status quo	Innovation
Intention R-Quadrat=0,5395 ⁺⁺ /0,5072 ⁻		
Einstellung ⇒ Intention	0,5812 ^{**}	0,3001 ^{**}
Soziale Norm ⇒ Intention	0,2584 [*]	0,3896 ^{**}
Wahrgenommene Verhaltenskontrolle ⇒ Intention	-0,0207	0,0954
Einstellung R-Quadrat=0,4693/0,7211		
Reisezeit/Flexibilität/Pünktlichkeit ⇒ Einstellung	0,5698 ^{**}	0,7189 [*]
Umweltbewusstsein/Sicherheit ⇒ Einstellung	0,1744	0,1766
Soziale Norm R-Quadrat=0,7229/0,8338		
Reisezeit/Flexibilität/Pünktlichkeit ⇒ Norm	0,5264 ^{**}	0,3181 [*]
Umweltbewusstsein/Sicherheit ⇒ Norm	0,2512 ^{**}	0,6674 ^{**}
Wahrgenommene Verhaltenskontrolle R-Quadrat=0,852/0,7651		
Reisezeit/Flexibilität/Pünktlichkeit ⇒ Verhaltenskontrolle	0,5705 ^{**}	0,7979 [*]
Persönliche Situation/individuelles Angebot ⇒ Verhaltenskontrolle	0,4895 ^{**}	0,1419 [*]

Tabelle 11: Ergebnisse der Strukturmodelle für die ÖPNV-Nutzung (*p<.01 **p<.001)
(⁺⁺Status quo/⁻Innovation)

Für die simulationstechnische Anwendung latenter Verhaltenskonstrukte ist die Operationalisierung mit Hilfe von Personencharakteristika und Attributen der Alternativen in Anlehnung an WALKER (vgl. Kapitel 3.1.3) erforderlich. Dabei wird postuliert, dass manifeste Indikatoren wie Alter, Geschlecht oder Zeitkartenbesitz einen direkten Effekt auf die Intention ausüben. Auch wenn die Modellgüte durch die Hinzunahme weiterer Variablen in den Strukturgleichungsmodellen in der Regel ansteigt, bleibt der Wirkungseinfluss auf die Verhaltenskonstrukte und die Signifikanz gegenüber den Items nahezu unverändert.

Modell	GFI ³⁰	AGFI ³¹	CFI ³²	NNFI ³³	Chi-Quadrat/ Freiheitsgrade
ÖPNV-Nutzung Szenario Status quo	0,93	0,88	0,95	0,93	255,42 / 92
ÖPNV-Nutzung Szenario Innovation	0,93	0,88	0,96	0,94	229,01 / 83
Informationsdienste Szenario Status quo	0,93	0,87	0,95	0,92	236,92 / 95
Informationsdienste Szenario Innovation	0,92	0,86	0,92	0,90	468,93 / 195

Tabelle 12: Gütekriterien der finalen Strukturmodelle

³⁰ Goodness-of-Fit-Index

³¹ GFI Adjusted for Degrees of Freedom

³² Bentler's Comparative Fit Index

³³ Bentler & Bonett's (1980) Non-normed Index

Auf der Mikroebene werden individuelle Intentionswerte quantifiziert, um die Steigerung der Akzeptanz gegenüber den eingeführten Maßnahmen aufzuzeigen.

Im Vergleich der Szenarien weisen Probanden, die bislang wenig Erfahrungen mit Informationssystemen und der Nutzung des ÖV gemacht haben, die größten Veränderungen der bewerteten Verhaltenabsichten auf, da zu Beginn nur eine geringe Affinität zu den Systemen vorhanden ist. Bei Stammkunden und Häufignutzern erweisen sich die Intentionswerte in beiden Szenarien als relativ konstant, so dass aufgrund der IuK-Technologien Verbesserungen der Kundenzufriedenheit zu erwarten sind, diese aber nur vereinzelt in höhere Nutzungszahlen umgesetzt werden. Der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Informationsabrufe im Planspiel und der „Verhaltensabsicht“ ($R\text{-Quadrat}=0,10$) fällt schwächer aus als bei der „ÖPNV-Nutzung“ ($R\text{-Quadrat}=0,31$). Indessen existiert zwischen den Intentionswerten „ÖPNV-Nutzung“ und „Informationsdienst“ mit einem $R\text{-Quadrat}$ von 0,54 eine hohe Korrelation, wodurch in der subjektiven Wahrnehmung die enge Verknüpfung zwischen ÖPNV und Fahrplanauskunftssystemen aus Kundensicht unterstrichen wird.

Durch die installierten dynamischen Informationsdienste steigt die Nutzerakzeptanz zwischen den Szenarien bei 93 % der Probanden an. Im mittleren Bereich liegt der subjektive Einstellungswert und damit implizit die Kundenzufriedenheit um 11,5 % höher als im Szenario Status quo.

6.5 Modul ereignisorientierter Informationsdienst

6.5.1 Abonnement

Im Gegensatz zu Neukunden oder Seltennutzern sind Stammkunden mit regelmäßigen Fahrten zu identischen Zielen nicht mehr auf grundlegende Fahrplaninformationen im ÖPNV angewiesen. Für diese Gruppe sind im Wesentlichen nur Abweichungen zum Sollfahrplan interessant. In Abbildung 25 wird der Ablauf des dreistufigen Akzeptanzmodells für ereignisorientierte Informationsdienste skizziert. In der ersten Modellstufe werden mit dem Modell „Informationsdienst Abonnement“ die Personen ermittelt, die tendenziell die Bereitschaft zeigen, einen PID/RID-Dienst zu abonnieren. Dieser Schritt erfolgt in der Initialisierungsphase der Simulation, da eine Entscheidung für oder gegen einen PID/RID-Dienst grundlegender Natur ist, analog zum Erwerb einer Monatskarte. Im zweiten Modellteil werden anschließend regelbasiert Ausdifferenzierungen des Dienstes und überwachte Fahrtstrecken personenfein zugeordnet. Wenn ein ungestörter Betrieb im ÖV vorliegt und dementsprechend keine Informationsmeldungen generiert werden, wird die Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln durchgeführt. Nur wenn explizit eine automatische Verspätungsmeldung erfolgt, wird für diese

Fahrtrelation eine Verkehrsmittelwahl vorgenommen. Die Entscheidung für das Verkehrsmittel ist somit das Ergebnis eines individuellen Optimierungsprozesses und ist mit der Festlegung der überwachten Fahrtrelation im Vorfeld gefallen.

Ist trotz der Verspätungsmeldung der Informationsbedarf noch nicht gedeckt und keine akzeptable Alternative bekannt, führt das Modell „Zusatzinformation“ (siehe Kapitel 6.5.3) in einer dritten Modellstufe einen Entscheidungsprozess bezüglich der Beschaffung von weiteren Informationen oder der Buchung von flexiblen Bedienformen durch.

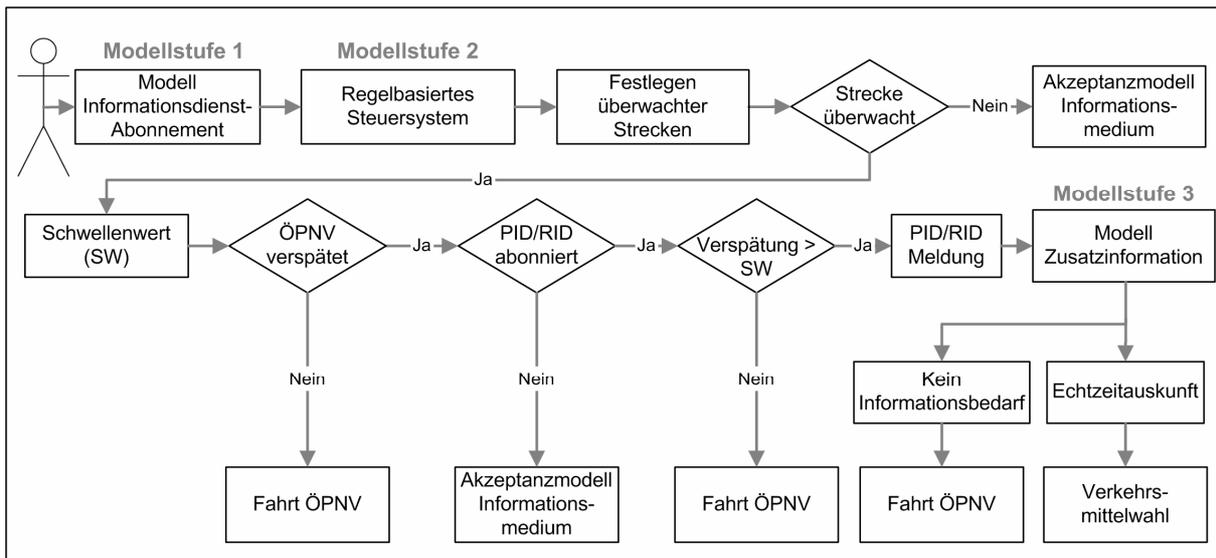


Abbildung 25: Struktur des Akzeptanzmodells für ein PID/RID-Abonnement

Bei den diskreten Wahlentscheidungen in den Modellstufen 1 und 3 stehen jeweils zwei Alternativen zur Auswahl. Im ersten Schritt wird aufgrund von Verhaltenspräferenzen und soziodemografischen Merkmalen festgelegt, ob ein Interesse für ein Informationsabonnement vorliegt. Das binäre Modell „Informationsdienst-Abonnement“ kommt zu einer eindeutigen Wahlentscheidung zwischen folgenden Alternativen:

- Bereitschaft, PID/RID-Dienst als Informationsagent zu buchen,
- keine Bereitschaft.

Wenn der Informationsdienst abonniert worden ist, kann nach einer automatische Meldung eine weitere Detailinformation für die Fahrt mit dem ÖPNV benötigt werden. Die Ausprägungen für das Entscheidungsmodell „Zusatzinformation“ sind wie folgt definiert:

- Abrufen dynamischer Online-Fahrplaninformationen,
- kein weiterer Informationsbedarf.

Mit Hilfe einer *Backward-Selektion* werden die Eingangsvariablen für das Modell über einen iterativen Prozess zwischen Parameterschätzung und Elimination nicht signifikanter Variablen identifiziert. Bei komplexen Variablenstrukturen liegt die Herausforderung der Modellierung darin, mit einer limitierten Anzahl von Deskriptoren eine tragfähige Modellgüte zu errei-

chen, wobei die Anzahl der Iterationsschritte durch vorgeschaltete Analysen und logische Rückschlüsse reduziert werden kann. Die Nutzenfunktion für die Wahlalternativen wird entsprechend der Gleichung 3-2 als lineare Kombination der Deskriptoren aufgestellt. In Tabelle 13 sind die Variablen aufgeführt, die in die Modellschätzung einfließen. Bei der Schätzung der Parameter werden Attribute zur soziodemografischen Situation sowie zu persönlichen Mobilitätsausstattungsmerkmalen und zu Verhaltenspräferenzen bezüglich ihrer Nutzung von Fahrplaninformationen berücksichtigt.

Einflussbereich	Beschreibung	Variablentyp
<i>Person</i>	Alter (4 Klassen)	Dummyvariable [0-24, 25-39, 40-64, >65]
	Geschlecht	binär [Mann, Frau]
	Zeitkarte	binär [Ja, Nein]
	Pkw-Verfügbarkeit	binär [Ja, Nein]
	Erwerbstätigkeit	binär [Ja, Nein]
	Ausbildung	binär [Ja, Nein]
<i>Einstellung</i>	Subjektiver Intentionswert Informationsdienst	kardinal [0, 3]
	Technikaffinität (3 Cluster)	Dummyvariable [technisch affin, technikdistanziert, aufstrebende Innovatoren]

Tabelle 13: Variablen der 1. Modellstufe für die Wahl des Informationsdienstes

6.5.2 Regelbasiertes Steuersystem

In der Realität beeinflussen zweifellos Angebotsmerkmale wie Taktfrequenz und Umsteigebeziehungen sowie die Kostenstruktur und Lifestyle-Indikatoren die Bereitschaft, einen PID/RID-Informationdienst zu abonnieren. Die notwendige Detaillierung von individuellen Rahmenbedingungen und Alltagszwängen kann jedoch in diesem Simulationsansatz nicht mit vertretbarem Aufwand generiert werden, so dass vereinfachend ein regelbasiertes Steuersystem eingesetzt wird.

Dieses wird aufgerufen, sobald das Modell „Informationdienst-Abonnement“ einer Person eine positive Nutzungsbereitschaft zuweist. In Abhängigkeit vom beruflichen Status und dem Zeitkartenbesitz wird anschließend überprüft, ob es sich um einen PID- oder RID-Informationdienst (Überwachung von regelmäßigen Fahrten oder einmalige Nutzung) handelt und für welche Aktivitätszwecke der Dienst in Anspruch genommen wird. Die Wochenplanplanung wird zeitdiskret durchlaufen und über Prioritätsstufen erfolgt die Zuweisung der Dienste zu einer bestimmten Fahrtrelation (Quell-Ziel-Verbindung). Der Regelkatalog ist auszugsweise in Tabelle 14 beschrieben.

Prämisse	Konklusion
if PID/RID = true & Zeitkarte = 0 & (job = 1 Ausbildung = 1)	10 % PID Abonnement für regelmäßige Fahrten
	45 % RID Abonnement für regelmäßige Fahrten
	45 % RID Abonnement für nicht regelmäßige Fahrten
if PID/RID = true & Zeitkarte = 0 & (job = 0 & Ausbildung = 0)	50 % RID Abonnement für regelmäßige Fahrten
	50 % RID Abonnement für nicht regelmäßige Fahrten
if PID/RID = true & Zeitkarte = 1 & (job = 1 Ausbildung = 1)	90 % PID Abonnement für regelmäßige Fahrten
	10 % RID Abonnement für nicht regelmäßige Fahrten
if PID/RID = true & Zeitkarte = 1 & (job = 0 & Ausbildung = 0)	60 % PID Abonnement für regelmäßige Fahrten
	40 % RID Abonnement für nicht regelmäßige Fahrten
if PID/RID = true & $t_{\text{Fahrzeit}} < 5\text{min}$ & $\text{Takt}_{\text{ÖPNV}} < 8\text{min}$	PID/RID Abonnement für die Fahrt abmelden

Tabelle 14: Regelkatalog zur Differenzierung von PID- und RID-Informationsdiensten

Für die zu überwachende Relation wird für jeden Nutzer ein persönliches Mobilitätsprofil hinterlegt, das durch folgende Parameter charakterisiert wird:

- Von Haltestelle,
- Nach Haltestelle,
- Abfahrtszeit (Zeitbereich),
- Verkehrstage,
- Präferiertes Verkehrsmittel für die Verbindung (z. B. eine bestimmte Buslinie) und
- Schwellenwert (SW) der Verspätungen für die Versendung von Informationen.

In Abhängigkeit von individuellen Präferenzen und Einstellungsindikatoren der Verkehrsteilnehmer existieren unterschiedliche Zeithorizonte, in denen Abweichungen vom Soll-Fahrplan überhaupt als Verspätung wahrgenommen werden. Abbildung 26 zeigt die empirisch ermittelte Verteilungsfunktion der zeitlichen Schwellenwerte, die mit Hilfe der Monte-Carlo-Simulation jedem Informationsabonnenten zugespielt werden. Erst wenn im ÖPNV Verspätungen auf der überwachten Relation diesen Wert übersteigen, wird automatisch eine Informationsmeldung versendet.

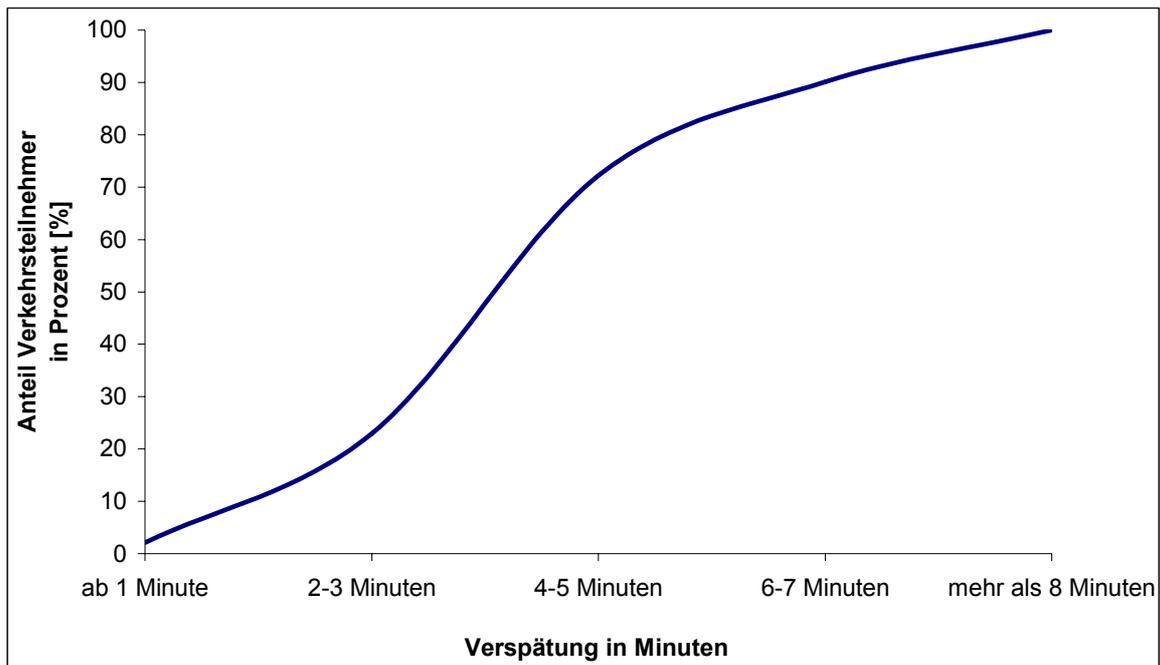


Abbildung 26: Schwellenwert für Verspätungsmeldungen

6.5.3 Zusatzinformation

Das Modell „Zusatzinformation“ (siehe Abbildung 25) wird dann angestoßen, wenn der PID/RID-Dienst eine Störungsmeldung für eine überwachte ÖV-Verbindung versendet. Obwohl durch den Informationsdienst die Fahrt objektiv planbarer und verlässlicher geworden ist, kann die Information den Kunden zu einem erneuten Entscheidungsprozess mit Informationsbeschaffung bewegen, der das Verkehrsmittelwahlverhalten beeinflussen kann.

Die Einflüsse auf die Wahlentscheidung für das Abrufen von dynamischen Fahrplaninformationen werden über ein binäres Logit-Modell abgebildet (siehe Tabelle 15). Neben den bereits diskutierten personenspezifischen Einflüssen werden modelltechnisch für die Abbildung fahrtspezifische Merkmale und Erfahrungswerte integriert. Über logistische und exponentielle Funktionen werden die Variablen „Entfernung“ und „Anzahl identischer Ziele“ transformiert.

Einflussbereich	Beschreibung	Variablentyp
<i>Einstellung</i>	Technikaffinität (3 Cluster)	Dummyvariable [technisch affin, technikdistanziert, aufstrebende Innovatoren]
<i>Person</i>	Alter (4 Klassen)	Dummyvariable [0-24, 25-39, 40-64, >65]
	Beruf (4 Klassen)	Dummyvariable [Vollzeit, Teilzeit, Ausbildung, kein]
	Zeitkarte	binär [Ja, Nein]
	Pkw-Verfügbarkeit	binär [Ja, Nein]
<i>Fahrt</i>	Abfahrtszeit (3 Bereiche)*	Dummyvariable [0-720, 721-1199, 1200-1440]
	Entfernung logarithmiert	kardinal [0, 15]
	Wochenende	binär [Ja, Nein]
	Alternativenverfügbarkeit	binär [Ja, Nein]
	Aktivitätszweck (4 Klassen)	Dummyvariable [Arbeit, Dienstlich, Einkauf, Freizeit]
	Spontane Aktivität	binär [Ja, Nein]
<i>Erfahrung</i>	Anzahl identische Zielankünfte**	kardinal [0, 1]
	Anzahl Informationsanfragen	kardinal [0, 10]

Tabelle 15: Variablen der 3. Modellstufe für die Wahl eines Informationssystems
 (*Angaben in Minuten des Tages; **Transformation: $1-(1/\exp(\text{Anzahl Zielankünfte})^{0,15})$)

6.6 Modul Informationsmedium

Prinzipiell stehen vor Beginn der Fahrt raum- und zeitunabhängig diverse Informationsmedien zur Verfügung, mit denen Informationen über die Verkehrslage und Fahrplanauskünfte im öffentlichen Verkehr eingeholt werden können. Während der Analyse der Planspielsimulation hat sich herauskristallisiert, dass die Fülle der Informationsmedien, die vor Beginn der Fahrt zur Verfügung stehen, unterschiedlich genutzt werden. Es konnten zwei Informationsebenen identifiziert werden, die innerhalb des Akzeptanzmodells „Informationsmedium“ umgesetzt werden. Auf der ersten Ebene des Modells, das in Abbildung 27 illustriert wird, können Informationen über das Radio, das klassische Fahrplanbuch sowie die Online-Fahrplanauskunft abgerufen werden. Während im Szenario Status quo das Informationssystem für den ÖPNV auf Soll-Fahrplandaten beruht, stehen im Szenario Innovation dynamische Informationen zu aktuellen Reise- und Abfahrtszeiten zur Auswahl bereit. Entschied sich der Proband z.B. auf der ersten Ebene zunächst für das Radio, dann wurden anschließend oft weitere Informationsmedien für Bus und Bahn genutzt.

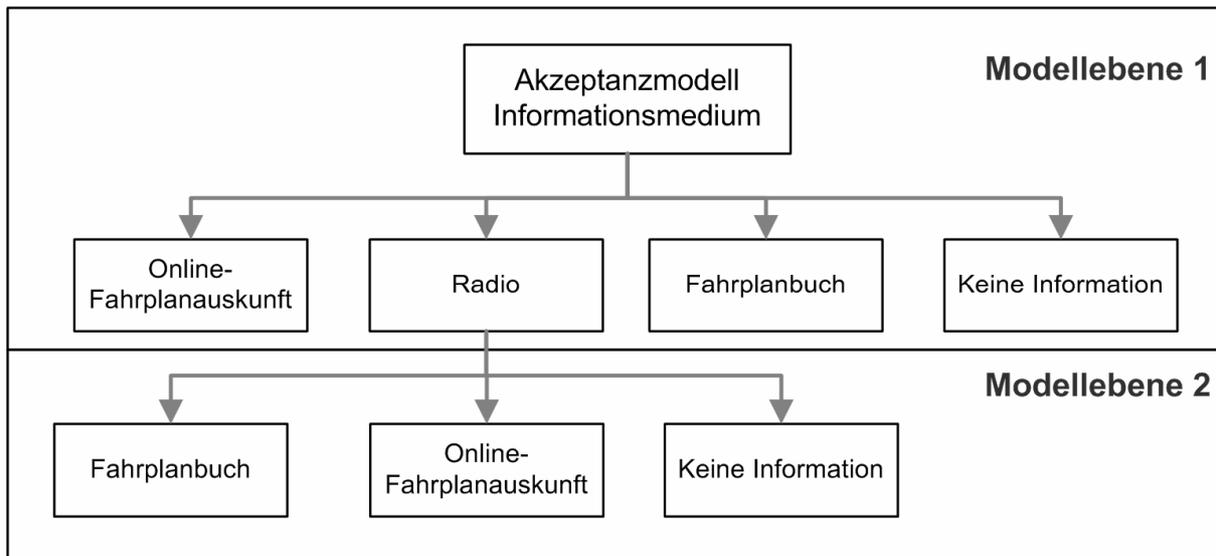


Abbildung 27: Struktur des Akzeptanzmodells Informationsmedium

Gestützt durch die Erkenntnisse aus der Planspielanalyse und die Ergebnisse verschiedener Modellrechnungen, wird ein zweistufiger Modellansatz verwendet. Beide Stufen des Strukturmodells besitzen mehr als zwei Alternativen, aus denen simultan auszuwählen ist. Das multinomiale Entscheidungsmodell der ersten Modellebene kommt zu einer Auswahlentscheidung zwischen

- Radio,
- Online-Fahrplanauskunft,
- Fahrplanbuch,
- kein Informationsbedarf.

In Abhängigkeit von der Auswahlentscheidung auf der ersten Ebene wird die zweite Modellebene erreicht. Die Wahlalternativen unterscheiden sich zwischen den Szenarien in der Form, dass der Alternative Fahrplanbuch im Szenario Innovation aufgrund der stark technisch geprägten Ausrichtung mit dynamischen Fahrplaninformationen (DFI) und Informationsagenten (PID/RID-Dienst) als nachgelagerte Informationsquelle de facto keine Bedeutung mehr zukommt.

Die Entscheidung auf der zweiten Ebene entspricht den nachstehenden Ausprägungen:

- Online-Fahrplanauskunft,
- Fahrplanbuch (nur im Szenario Status quo),
- kein Informationsbedarf.

Unter den vorhandenen Rahmenbedingungen wird mathematisch für die erste Modellebene ein multinomiales Logit-Modell (MNL) formuliert. Auf der zweiten Ebene wird in Abhängigkeit vom Szenario ein binäres bzw. MNL eingesetzt. Um konsistente Eingangsvariablen für das Modell zu bestimmen, wurden iterativ signifikante Variablen identifiziert (siehe Tabelle 16).

Einflussbereich	Beschreibung	Variablentyp
<i>Person</i>	Beruf (4 Klassen)	Dummyvariable [Vollzeit, Teilzeit, Ausbildung, kein]
	Alter (4 Klassen)	Dummyvariable [0-24, 25-39, 40-64, >65]
	Geschlecht	binär [Mann, Frau]
	Single-Haushalt	binär [Ja, Nein]
	Zeitkarte	binär [Ja, Nein]
	Pkw-Verfügbarkeit	binär [Ja, Nein]
	Kind unter 10 Jahren im Haushalt	binär [Ja, Nein]
<i>Fahrt</i>	Aktivitätszweck (4 Klassen)	Dummyvariable [Arbeit, Dienstlich, Einkauf, Freizeit]
	Entfernung logarithmiert	kardinal [0, 15]
	Abfahrtszeit (3 Bereiche)	Dummyvariable [0-720, 721-1199, 1200-1440]
	Alternativenverfügbarkeit	binär [Ja, Nein]
	Wochenende	binär [Ja, Nein]
	Termindruck	binär [Ja, Nein]
	Verlängerung der geplanten Aktivität	binär [Ja, Nein]
	Schlechte Witterung	binär [Ja, Nein]
<i>Einstellung</i>	Subjektiver Intentionswert ÖV-Informationsdienst	kardinal [0, 3]
	Technikaffinität (3 Cluster)	Dummyvariable [technisch affin, technikdistanziert, aufstrebende Innovatoren]
<i>Erfahrung</i>	Anzahl Informationsanfragen	kardinal [0, 10]
	Störung der letzten Fahrt	binär [Ja, Nein]
	Anzahl identische Zielankünfte	kardinal [0, 1]

Tabelle 16: Variablen der 1. Modellebene für die Wahl des Informationsmediums

Bei allen Alternativen stellen Personenmerkmale, Fahrteigenschaften und Erfahrungswerte die Basis für die Wahlentscheidungen. Die Komplexität steigert sich vor allem durch die Integration von Einstellungsindikatoren und die detaillierte Betrachtung fahrtspezifischer Zusammenhänge (z. B. Störung der Fahrt, Witterung oder Termindruck). Erfahrungswerte der letzten Fahrt sind im Bewusstsein der Verkehrsteilnehmer häufig ein prägnanter Indikator für die Zufriedenheit und können Auslöser für die Inanspruchnahme von Informationen für die Folgefahrt sein. Die Veränderung der informationstechnischen Rahmenbedingungen zwischen den Szenarien spiegelt sich in der Auswahl signifikanter Variablen wider. Der Einfluss von Erfahrungen und fahrtbezogenen Merkmalen ist im Szenario Status quo schwächer ausgeprägt, da zunächst die Affinität zum ÖPNV und die eigene Wissensbasis das Informationsverhalten determinieren.

Die Inanspruchnahme einer weiteren Informationsquelle nach der Wahl des Radios auf der ersten Modellebene fußt auf der Tatsache, dass eine bestimmte subjektive Erwartungshaltung durch die Information nicht befriedigt werden konnte, oder darauf, dass die Meldung

selbst Auslöser³⁴ für einen weiteren Informationsbedarf ist. Die zweite Stufe des Modells besitzt einen geringeren Komplexitätsgrad in der Struktur der Variablen, da wesentliche Einflüsse bereits in der ersten Stufe in die Modellbeschreibung eingegangen sind. Für beide Szenarien lässt sich subsumieren, dass auf der zweiten Informationsebene Erfahrungswerte an Einfluss verlieren und Indikatoren des Fahrtkontextes die Informationsbeschaffung dominieren. Die Variablen der Nutzenfunktion für die zweite Modellebene des Akzeptanzmodells Informationsmedium sind im Anhang Abschnitt 6-Tabelle 33 aufgelistet.

6.7 Modul Verkehrsmittelwahl

Neben der Modellierung des Entscheidungsprozesses zur Beschaffung von Informationen bietet die Planspielerhebung die Möglichkeit, das Verkehrsmittelwahlverhalten mit dem Einfluss von dynamischen Informationsdiensten abzubilden. Das Ziel dieser Arbeit liegt nicht in der Entwicklung neuartiger Verkehrsmittelwahlmodelle, sondern in der Erweiterung bewährter Ansätze um verkehrstelematische Wirkungsparameter.

Für die Modellierung der Entscheidungssituationen werden Alltagswege in einem Entfernungssegment von ca. 30 km betrachtet. Die Verkehrsmittelwahl enthält neben Linienverkehren auch flexible Bedienformen und wird für den ersten Weg im Ausgang modelltechnisch als diskrete Wahlentscheidung der folgenden sechs Alternativen umgesetzt:

- zu Fuß,
- Rad,
- Pkw,
- Linienverkehr (Bus und Bahn),
- AST (Szenario Innovation),
- FlexiBus (Szenario Innovation).

Die Alternative Taxi weist einen vernachlässigbaren Anteil am Modal-Split der Alltagsmobilität auf und wird bei der Modellierung nicht berücksichtigt.

Bei der Strukturierung und mathematischen Formulierung der Wahlentscheidung kann die bisher vorausgesetzte Unabhängigkeit der Alternativen nicht aufrechterhalten werden, da die Alternativen im Verkehrssektor ÖPNV Ähnlichkeiten aufweisen. Die Wahlmöglichkeiten werden deshalb zu Nestern mit ähnlichen Alternativen zusammengefasst. Das Strukturmodell in Abbildung 28 zeigt die Partitionierung der Nester, in denen eine Korrelation zwischen den Alternativen zulässig ist. Die Annahme der Unabhängigkeit aller Alternativen gilt für jeden

³⁴ Z. B. die Meldung: Alle Parkplätze in der Innenstadt sind belegt, bitte steigen Sie auf öffentliche Verkehrsmittel um.

sequentiellen Entscheidungsprozess im Entscheidungsbaum. In der ÖPNV-Verzweigung können bei Bedarf neue Angebote integriert oder ein neues Nest eingefügt werden und maßnahmensensitiv modale Verlagerungen innerhalb und außerhalb des Nestes evaluiert werden.

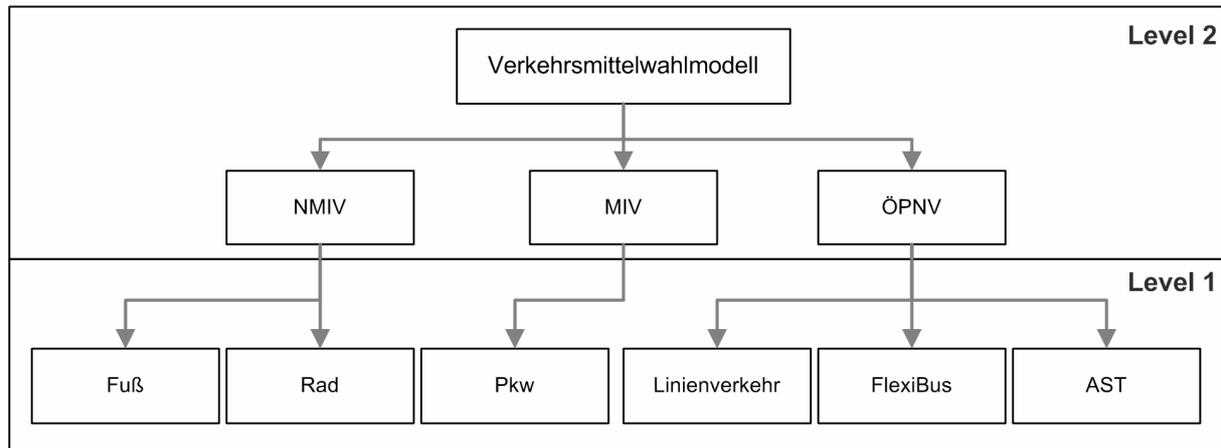


Abbildung 28: Struktur des Verkehrsmittelwahlmodells

Während die Nutzenfunktion nach Gleichung 3-2 aufgestellt ist, verlangt die Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeiten mit dem Nested-Logit-Modell ein spezielles Vorgehen (siehe Kapitel 3.1.3). In Tabelle 17 werden die Eingangsvariablen der Nutzenfunktion erläutert. Neben alternativspezifischen Einflussgrößen der Fahrt wie Kosten und Zeit determinieren Eigenschaften mit einheitlichen Rahmenbedingungen über alle Alternativen, wie z. B. Witterung, Zweck der Aktivität oder personenspezifische Merkmale hinweg die Wahlentscheidung. Erfahrungswerte, Raumstrukturmerkmale sowie Systemgrößen des ÖPNV-Angebotes vervollständigen den Modellinput. Um die Einflüsse verkehrstelematischer Komponenten abzubilden, wird der spezifische Nutzen durch das virtuell gewählte Informationsmedium beeinflusst. Aufgrund der Messung und der Ausrichtung der Informationssysteme fließen die Einflüsse wesentlich in die Verzweigung der ÖPNV-Ebene ein. In den beiden Szenarien Status quo und Innovation unterscheiden sich die Einflussgrößen auf die Verkehrsmittelwahl, mit Ausnahme der unterschiedlichen Informationsmedien, nicht signifikant voneinander.

Einflussbereich	Beschreibung	Variablentyp
<i>Person</i>	Beruf (4 Klassen)	Dummyvariable [Vollzeit, Teilzeit, Ausbildung, kein]
	Alter (4 Klassen)	Dummyvariable [0-24, 25-39, 40-64, >65]
	Geschlecht	binär [Mann, Frau]
	Zeitkarte	binär [Ja, Nein]
	Pkw-Verfügbarkeit	binär [Ja, Nein]
	Kind unter 10 Jahren im Haushalt	binär [Ja, Nein]
<i>Fahrt</i>	Fahrtzeit logarithmiert	kardinal [0, 8]
	Zugangszeit logarithmiert	kardinal [0, 4]
	Fahrtkosten	kardinal [0, 50]
	Entfernung logarithmiert	kardinal [0, 15]
	Schlechte Witterung	binär [Ja, Nein]
	Verlängerung der geplanten Aktivität	binär [Ja, Nein]
	Wochenende	binär [Ja, Nein]
	Pflichtaktivität	binär [Ja, Nein]
Abfahrtszeit (3 Bereiche)	Dummyvariable [0-720, 721-1199, 1200-1440]	
<i>Erfahrung</i>	Störung der letzten Fahrt	binär [Ja, Nein]
<i>Informationen</i>	Informationsmedium (5 Klassen)	Dummyvariable [Radio, Fahrplanbuch, Online-Auskunft, PID/RID-Dienst, keine]
<i>Raumstruktur</i>	Stadtgebiet	binär [Ja, Nein]
<i>Verkehrssystem</i>	Anzahl ÖPNV-Fahrzeuge pro Stunde	kardinal [0, 25]
<i>Einstellung</i>	Subjektiver Intentionswert ÖV-Informationsdienst	kardinal [0, 3]
	Subjektiver Intentionswert ÖV-System	kardinal [0, 2.5]
	Technikaffinität (3 Cluster)	Dummyvariable [technisch affin, technikdistanziert, aufstrebende Innovatoren]

Tabelle 17: Variablen für die Wahl des Verkehrsmittels

Aufgrund der Intention des Modells sind Vereinfachungen in der Abbildung des Verkehrsmittelwahlverhaltens angebracht. Im Gegensatz zum ersten Weg im Ausgang spielen Verhaltenspräferenzen und Erfahrungen für das Wahlverhalten des Rückweges eine untergeordnete Rolle, da situative Rahmenbedingungen den Entscheidungsprozess diskriminieren. Der Einfluss dynamischer Informationsdienste für Rückwege wird im Rahmen dieser Arbeit nicht modelliert. Es wird angenommen, dass für die Hin- und Rückfahrt innerhalb eines Ausgangs das gewählte Verkehrsmittel beibehalten wird. Vor allem die Wahl von Produkten innerhalb des öffentlichen Verkehrssystems ist von dem vorherrschenden Angebot abhängig. Ohne Schnittstelle zu einer Dispositionszentrale kann der Einsatz von Flächenverkehren mit Modellen nur exemplarisch abgebildet werden.

6.8 Modellkalibrierung

6.8.1 Datengrundlage

Die Schätzung der Parameter erfolgt auf Basis der virtuellen Verhaltensdaten aus der Planspielerhebung. Dies muss aber kein Nachteil sein, da Forschungsarbeiten von VRTIC und AXHAUSEN [VrAx02] durchaus eine hohe Plausibilität und Realitätsnähe bei Modellparametern aus SP-Daten nachgewiesen haben. Mit den Szenarien Status quo und Innovation der Planspielsimulation stehen zwei unabhängige Datensätze für die Modellkalibrierung zur Verfügung. Die Modellschätzung wird mit Hilfe der Statistiksoftware SAS und des Maximum-Likelihood-Verfahrens durchgeführt. Ziel ist es, mit den geschätzten Modellparametern die Wahrscheinlichkeit der vorhergesagten Entscheidungen zu den im Planspiel gewählten Alternativen zu maximieren.

Die in Kapitel 6.8.2 aufgeführten Parameterschätzungen der Modellkalibrierung sind das Ergebnis eines iterativen Prozesses, bei dem verschiedene Modellvarianten gegeneinander getestet und in sich auf eine konsistente Komposition überprüft wurden. Ausgehend von einem Grundmodell (nur fahrt- und systemspezifische Variablen) wird die Nutzenfunktion sukzessiv um weitere Komponenten wie soziodemografische bzw. -ökonomische Variablen, Raumstrukturen und „weiche“ Indikatoren wie Erfahrungen oder Informationen erweitert, um den Erklärungsgehalt des Modells zu verbessern.

6.8.2 Parameterschätzungen

Die Parameterschätzung im Modul „ereignisorientierter Informationsdienst“ umfasst zwei Modelle. Zunächst werden die Parameter für das Akzeptanzmodell „Informationsdienst A-bonnement“ geschätzt. Für die erste Modellebene standen 372 Datensätze, je Proband eine Entscheidungssituation, zur Verfügung. Die Ergebnisse der Parameterschätzung und der Modellcharakteristika sind in Tabelle 18 dargestellt. Die Modellgüte erzielt für das Modell mit einem LRI-Wert von 0,509 ein gutes Ergebnis und die geschätzten Parameter weisen die erwartete Wirkungsrichtung auf.

Der Besitz einer Zeitkarte, der implizit die Nutzungshäufigkeit des ÖPNV abbildet, ist die wichtigste Variable für die Nutzung von ereignisorientierten Informationsdiensten. Neben der Zeitkarte hat der Intentionswert, also die individuelle Verhaltensabsicht, Informationsdienste zu nutzen, den größten Einfluss. Trotz des geringeren Signifikanzniveaus ist diese Variable ein wichtiger Indikator, und zwar als Ansatzpunkt für ein zielgruppenspezifisches Marketing. Eine negative Wirkung auf den Abo-nementdienst haben die personenspezifischen Variablen Autoverfügbarkeit und Erwerbstätigkeit sowie Personen, die neuen Technologien distan-

ziert gegenüberstehen. Der signifikante Einfluss soziodemografischer Variablen, wie z.B. des Alters konnte nachgewiesen werden.

Modellcharakteristika				
Observationsfälle			372	
LRI ρ			0,509	
Likelihood-Ratio			264,849	
Bereich	Variable	Beschreibung	Schätzwert	Pr > ChiSq
<i>Konstante</i>	pid	-	-10,6822	0,1608
<i>Person</i>	zk	ÖV-Zeitkarte	5,9953	<,0001
	male	Geschlecht	0,4235	0,1847
	pkw	Pkw-Verfügbarkeit	-0,5115	0,0912
	young	Altersklasse bis 24	1,3637	0,0512
	middle	Altersklasse 25-39	1,3379	0,0333
	ripe	Altersklasse 40-64	2,0399	0,0012
	bildung	Ausbildung	1,1999	0,0046
	job	Erwerbstätigkeit	-0,9154	0,0360
<i>Einstellung</i>	intention	Subjektiver Intentionswert Informationsdienst	5,0728	0,1880
	clus2	Technikaffinität	-0,6193	0,1022

Tabelle 18: Parameterschätzung für ereignisorientierte Informationsdienste

Auf der dritten Modellstufe werden für Abonnenten ereignisorientierter Informationsdienste mit dem Akzeptanzmodell „Zusatzinformation“ weitere Informationsanfragen abgebildet. Für die Schätzung der Parameter wurden 4.805 Datensätze verwendet, die aus dem Planspiel-szenario Innovation stammen. Der ermittelte LRI von 0,358 zeigt eine hinreichend gute Erklärungskraft. Eine Übersicht über die geschätzten Modellergebnisse gibt Tabelle 35 im Anhang Abschnitt 6. Bis auf die Variable einer Altersklasse (25-39 Jahre) zeigen alle 15 Parameter einen signifikanten Einfluss auf den Erklärungsgehalt, wobei im Gegensatz zum vorher beschriebenen Modell für den PID/RID-Dienst situationsabhängige Variablen die Abbildung des Informationsverhaltens einfacher gestalten. Die Parameter haben die erwarteten Vorzeichen und bilden personen- und fahrtspezifische Einflüsse sowie subjektive Einstellungen und Erfahrungen ab. Die Möglichkeit alternative Verkehrsmittel nutzen zu können, hat den größten Einfluss auf die Inanspruchnahme zusätzlicher Informationen. Es zeigt sich, dass wahlfreie Personengruppen tendenziell ihre Entscheidung für die Nutzung eines Verkehrsmittels durch aktuelle Informationen absichern. Jedoch reduzieren Erfahrungen auf häufig frequentierten Relationen die Wahrscheinlichkeit für die Inanspruchnahme zusätzlicher Informationen. Wie erwartet haben der Zeitkartenbesitz und spontan geplante Aktivitäten den größten positiven Einfluss auf die Nutzung der Fahrplanauskunft. Zudem diskriminiert die Anzahl bereits abgefragter Informationen und die Technikaffinität das Wahlverhalten zur Informationsbeschaffung signifikant auf dem 1%-Niveau.

Die aufgezeigte Modellstruktur für das Akzeptanzmodell „Informationsmedium“ umfasst zwei Modellebenen, mit denen die Informationsbeschaffung vor Fahrtbeginn abgebildet wird. In Tabelle 19 werden für die erste Informationsstufe die geschätzten Modellparameter aufgezeigt. Für das Szenario Status quo umfasst der Datensatz 8.813 Beobachtungen mit jeweils 4 Auswahlalternativen. Die ereignisorientierten Informationsdienste in dem Szenario Innovation substituieren indessen einen Teil der abgerufenen Informationen, so dass sich für die Parameterschätzung die Beobachtungen auf 3.979 reduzieren. Die Modellgüten mit erreichten LRI-Werten von jeweils 0,66 und 0,73 unterscheiden sich zwischen den Szenarien nur geringfügig voneinander. Die Ergebnisse der Parameterschätzung sind als Nutzendifferenz zum Referenzfall „Fahrt ohne Information“ zu interpretieren und weisen in beiden Modellen die erwarteten Vorzeichen auf.

Die geschätzten Parameter zeigen, dass der größte positive Einfluss für die Nutzung von Fahrplaninformationen von personenspezifischen und individuellen Präferenzen ausgeht. Besonders die Verhaltensabsicht „Intention“ und der Besitz einer Zeitkarte „zk“ vergrößern die Wahrscheinlichkeit, Informationen über öffentliche Verkehrsmittel abzurufen. Im Szenario Innovation mit dynamischen Systemkomponenten steigt der Einfluss, Informationen für dienstlichen Fahrten abzurufen, stark an. Fahrtspezifische Variablen diskriminieren den Entscheidungsprozess für oder gegen das Abrufen einer Information signifikant. Einen positiven Beitrag leisten zudem der Witterungseinfluss „regen“ und die räumliche Distanz „entfernung“ zwischen Start- und Zielort. Je mehr Informationen im Laufe des Tages oder kumuliert in der Woche abgerufen werden, desto wahrscheinlicher wird das erneute Abfragen von Informationen. Diese Hypothese gilt für statische und dynamische Informationen, was verstärkt auf den Einfluss subjektiver Faktoren hinweist.

Modellcharakteristika			Szenario			
			Status quo		Innovation	
Observationsfälle			8813		3979	
McFadden's LRI			0,6553		0,7315	
Likelihood-Ratio			16013		8070	
Bereich	Variable	Beschreibung	Schätz- wert	Pr > t	Schätz- wert	Pr > t
-	online	Konstante	-11,5262	<,0001	-9,9702	<,0001
-	radio	Konstante	-7,8698	<,0001	-4,6455	0,1365
	clus1_radio	Technikaffinität	0,7014	<,0001	0,4956	0,0194
	intention_radio	Subjektiver Intentionswert ÖV- Informationsdienste	-	-	-2,6672	0,1054
Person	male_radio	Geschlecht	-	-	0,5357	0,0166
	middle_radio	Altersklasse 25-39	0,5446	<,0001	0,7034	0,0012
	young_radio	Altersklassen-Dummy bis 24 Jahre	0,3575	0,0468	-	-
	single_radio	Single-Haushalt	-0,2556	0,0668	-1,1639	0,0008
	job_radio	Erwerbstätig	-	-	0,8307	0,0008
	pkw_radio	Pkw-Verfügbarkeit	-0,4434	0,0085	-0,3763	0,0794
Fahrt	wotag_radio	Wochentag-Dummy	0,3508	0,0119	0,6273	0,017
	termin_radio	Termindruck	0,407	0,0023	0,8119	0,0004
	akt_verl_radio	Aktivitätsverlängerung	-	-	-0,3675	0,1967
	service_radio	Serviceweg	-0,374	0,0528	-0,7578	0,0558
	entfernung_radio	Entfernung logarithmiert	1,0847	<,0001	0,5414	0,0005
	auf_vorm_radio	Abfahrtszeit 0-720 Min.	1,8564	<,0001	0,5003	0,0318
	no_choice_radio	Alternativenverfügbarkeit	-0,9788	<,0001	-1,9497	0,0429
Erfahrung	info_count_radio	Anzahl Informationsanfragen	1,0847	<,0001	1,3115	<,0001
Einstellung	clus1_online	Technikaffinität	-	-	0,3485	0,0064
	Intention_online	Subjektiver Intentionswert ÖV- Informationsdienste	2,4923	0,0151	1,5692	0,1162
Person	zk_online	Zeitkarte	1,3833	<,0001	2,2994	<,0001
	kind_online	Kind unter 10 Jahren	0,7895	<,0001	0,8324	0,0166
	pkw_online	Pkw-Verfügbarkeit	-0,9741	<,0001	-1,4899	<,0001
	middle_online	Altersklasse 25-39	0,2476	0,0094	0,4676	0,0005
	single_online	Single-Haushalt	0,2839	0,0203	0,3031	0,0468
Fahrt	entfernung_online	Entfernung logarithmiert	0,3249	<,0001	0,6082	<,0001
	dienst_online	Dienstfahrt	0,8455	0,0558	2,0378	0,0005
	wotag_online	Wochenende	-	-	0,7816	<,0001
	auf_vorm_online	Abfahrtszeit 0-720 Min.	-	-	-1,1535	<,0001
	auf_nachm_online	Abfahrtszeit 720-1200 Min.	-0,3404	0,0002	-0,8677	<,0001
	termin_online	Termindruck	0,2858	0,0033	-	-
	no_choice_online	Alternativenverfügbarkeit	-	-	-12,5334	0,0729
	regen_online	Witterung	-	-	0,4121	0,0006
	akt_verl_online	Aktivitätsverlängerung	-	-	-0,3994	0,006
Erfahrung	info_count_online	Anzahl Informationsanfragen	1,0489	<,0001	0,9972	<,0001
	ident_ziel_online	$1-(1/\exp(\text{anz_ident_ziel})^{0.15})$	-	-	-1,1703	0,0042
	weg_online	Störung letzte Fahrt	-	-	-0,4176	0,0018

Tabelle 19: Parameterschätzung des Akzeptanzmodells Informationsmedium – Modellebene 1
(Auszug der Schätzung/Variablen für die Alternative Fahrplanbuch,
siehe Anhang Abschnitt 6-Tabelle 34)

Die Pkw-Verfügbarkeit zeigt einen stark negativen Einfluss auf die Wahlwahrscheinlichkeit eines ÖPNV-spezifischen Informationsmediums. Das Abrufen von Informationen wird unabhängig vom Informationsmedium unerheblicher, wenn keine Verkehrsmittelalternativen, „no_choice“, vorhanden sind und eine „echte“ Wahlentscheidung nicht stattfindet. Ein weiterer Erfahrungsindikator, der routinisierte Fahrtbeziehungen in Form von identischen Zielen „ident_ziel“ ausdrückt, verdeutlicht durch die negative Wirkungsrichtung den relativ geringen Bedarf von Informationen auf routinierten Alltagswegen. Vor allem statische Informationsmedien sind für Mobilitätsroutinen im Alltagsverkehr durch Verkehrsteilnehmer mit hoher Verkehrsmittelaffinität nicht nutzenstiftend. Erst dynamische Dienste bieten wichtige Informationen, was die hohe Bedeutung von ereignisgesteuerten Push-Systemen als Premiumservice zur Bindung von Stammkunden unterstreicht.

Hervorzuheben ist zudem, dass der Einfluss der Raumstruktur auf die Akzeptanz der Informationssysteme mit Echtzeit-Fahrplaninformationen nicht mehr signifikant ist und eine Angleichung des wahrgenommenen Nutzens durch Informationen zwischen städtischen und ländlichen Regionen stattfindet. In den beiden Szenarien Status quo und Innovation werden die Zusammenhänge und Wirkungsrichtungen aller geschätzten Parameter bestätigt, so dass die Bedeutung einzelner Variablen für die Wahl des Informationsmediums aufgezeigt werden konnte.

Da im Planspiel keine verkehrsträgerübergreifende Informationsplattform simuliert wurde, ergeben sich je nach Verhaltenspräferenz in Bezug auf das Hauptverkehrsmittel Informationsketten. Nach der Erstinformation über das Radio entsteht ein weiterer Bedarf an Informationsbeschaffung. Für die Schätzung der Parameter stehen in der multinomialen Entscheidungssituation im Szenario Status quo 499 Beobachtungen bzw. in der binären Auswahl im Szenario Innovation 121 Datensätze mit je drei Fallunterscheidungen zur Verfügung. Von der Wirkungsrichtung her gesehen entsprechen die Parameter denen der ersten Informationsstufe, so dass auf eine Beschreibung der Parameterschätzung an dieser Stelle verzichtet wird.

Der Entscheidungsprozess zur Durchführung aushäusiger Aktivitäten wird mit der Wahl des Verkehrsmittels abgeschlossen. Während im Vorfeld zeitliche Konfliktsituationen auf der Planungsebene aufgelöst wurden, trugen Informationen aktiv zur Planungssicherheit der Fahrt bzw. Erweiterung des Verkehrsmittelmix bei. Die Analyse bestätigt, dass der Einfluss von Informationen auf die Verkehrsmittelwahl wesentlich den ersten Weg im Ausgang betrifft und bei der Rückfahrt primär die Produktwahl innerhalb des ÖPNV unterstützt. Aus diesem methodischen Aspekt heraus werden die Einflussgrößen und Attribute der Wahlentscheidung nur für die Hinfahrt aufgezeigt.

Die Verkehrsmittelwahl wird als Nested-Logit-Modell umgesetzt und enthält neben Linienverkehren auch flexible Bedienformen. Die Informationskomponente beeinflusst dabei den spezifischen Nutzen. Für das Szenario Status quo, in dem bis zu vier Verkehrsmittelalternativen abgebildet werden, stehen 2.994 Entscheidungssituationen mit jeweils vier Auswahlalternativen zur Verfügung. In vergleichbarer Größenordnung liegt der Datensatz zur Parameterschätzung im Szenario Innovation vor. Hier existieren 2.987 Beobachtungen mit durchschnittlich sechs möglichen Verkehrsmittelwahlalternativen.

Das Nested-Modell liefert gegenüber der einstufigen Wahlentscheidung beim multinomialen Logit-Modell zusätzlichen Erklärungsgehalt für eine informationssensitive Modellierung. In Tabelle 20 wird ein Auszug aus den Ergebnissen der Parameterschätzung für das Verkehrsmittelwahlmodell im Szenario Innovation aufgelistet. Es werden im Wesentlichen nur die Parameter für die Verkehrsmittel Linienverkehr und AST vorgestellt. Eine detaillierte Übersicht über die Modellschätzung für das Szenario Status quo ist im Anhang Abschnitt 6-Tabelle 37 zu finden.

Mit LRI-Werten von 0,593 im Szenario Status quo und 0,662 im Szenario Innovation ergibt sich eine zufriedenstellende Modellgüte für die Anzahl der Parameter. Die Einbindung einstellungsorientierter Indikatoren im Status-quo-Szenario konnte jedoch zu keiner Steigerung des Erklärungsgehalts beitragen.

Die Parameter weisen in beiden Modellvarianten die erwarteten Wirkungsrichtungen auf, obwohl einzelne Einflüsse aufgrund der synthetischen Scheinwelt schwer zu interpretieren sind. Die Nestkonstanten λ_k (*inclusive value coefficient*) sind signifikant und beschreiben als Maßzahl die Unabhängigkeit/Korrelation unbeobachteter Faktoren (Residuen) zwischen den Alternativen innerhalb eines Nestes k . Für ein konsistentes Abbilden des gesamten Definitionsbereiches der erklärenden Variablen unter dem Aspekt der Nutzenmaximierung muss λ_k einen Wert zwischen null und eins annehmen. Nimmt λ_k einen Wert größer eins an, so können die erklärenden Variablen nicht im gesamten Wertebereich interpretiert werden. Ausschlaggebend für einen Wert größer eins der Nestkonstante λ_1 im Nest NMIV ist die Aufbereitung des Datensatzes für die Parameterschätzung. In diesem Datensatz sind den nicht frei wählbaren Alternativen synthetisch maximierte Systemgrößen zugespielt worden, die außerhalb des standardisierten Definitionsbereiches liegen. Dies gilt insbesondere für das Nest „zu Fuß“/Rad. Für weitere Erläuterungen zu dieser Problematik wird auf die Untersuchungen über die Konsistenz von Nested-Logit-Modellen von KLING und HERRIGES [KIHe95], HERRIGES und KLING [HeKI96] sowie MOLTÓ und HOLE [GiHo03] verwiesen.

Modellcharakteristika			Szenario Innovation	
Observationsfälle			2987	
McFadden's LRI			0,662	
Likelihood-Ratio			7084	
Bereich	Variable	Beschreibung	Schätzwert	Pr > t
-	AST	Konstante	12,0617	<,0001
-	ÖV	Konstante	13,9192	<,0001
System	ivt	Fahrtzeit logarithmiert	-0,4391	0,0224
	ovt	Zugangszeit logarithmiert	-0,2237	0,0775
	fahrtkosten	Fahrtkosten in €	-4,6012	<,0001
Einstellung	intention_is_ast	ÖV-Informationssystem	3,3021	0,1618
Person	zk_ast	Zeitkarte	3,6549	<,0001
	job_ast	Erwerbstätigkeit	1,2522	0,0145
	kind_ast	Kind unter 10 Jahren	1,114	0,1287
	ripe_ast	Altersklasse 40-64	-1,8022	0,0104
	pkw_ast	Pkw-Verfügbarkeit	-3,0914	<,0001
Fahrt	pflicht_ast	Pflicht Aktivität	2,2187	0,0004
	freizeit_ast	Freizeitweg	0,5182	0,1356
	auf_vorm_ast	Abfahrtszeit 0-720 Min.	-2,397	0,015
	auf_nachm_ast	Abfahrtszeit 720-1200 Min.	-1,1875	0,1714
Informationen	info_pid_ast	PID/RID	3,0459	<,0001
	info_rad_ast	Radio	-2,1173	0,2728
Einstellung	Intention_is_oev	ÖV-Informationssystem	5,5707	0,0847
	Intention_pt_oev	ÖV-System	3,886	0,0846
Person	zk_oev	ÖV-Zeitkarte	4,6119	<,0001
	kind_oev	Kind unter 10 Jahren	1,0762	0,1057
	middle_oev	Altersklasse 25-39	-1,4415	0,0157
	single_oev	Single-Haushalt	-0,5399	0,0582
	pkw_oev	Pkw-Verfügbarkeit	-2,3272	<,0001
Fahrt	pflicht_oev	Pflicht Aktivität	1,5964	0,0042
	auf_nachm_oev	Abfahrtszeit 720-1200 Min.	0,9525	0,0193
Erfahrung	weg_oev	Störung der letzten Fahrt	2,8537	<,0001
Informationen	info_oev	Online-Fahrplanauskunft	4,015	<,0001
	info_rad_oev	Radio	-3,5148	0,036
	info_fb_oev	Fahrplanbuch	2,0576	0,0947
	info_pid_oev	PID/RID	0,6241	0,1301
-	λ_1	Nestkonstante NMIV	1,7219	<,0001
	λ_2	Nestkonstante MIV	0,0811	<,0001
	λ_3	Nestkonstante ÖPNV	0,2893	<,0001

Tabelle 20: Parameterschätzung für die Verkehrsmittelwahl
(Auszug der Schätzung/Variablen für die Alternativen „zu Fuß“, Rad und FlexiBus,
siehe Anhang Abschnitt 6-Tabelle 36)

Die systemspezifischen Variablen gelten für alle Verkehrsmittel (NMIV, MIV, ÖPNV) und weisen die erwartete Wirkungsrichtung auf. Je länger die Fahrt dauert bzw. je teurer die Fahrt wird, desto geringer wird der Nutzen. Der Einfluss der Fahrtzeit auf den Nutzen selbst wirkt etwa mit dem Faktor zwei gegenüber der Zugangs- oder Wartezeit. Fokussiert auf die

weiteren Einflussgrößen für die Wahl öffentlicher Verkehrsmittel zeigt die PKW-Verfügbarkeit „pkw“ und der Zeitkartenbesitz „zk“ einen sehr starken Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl. Der signifikante Einfluss personenspezifischer Variablen wie Erwerbsstatus und Alter konnte nachgewiesen werden, wird aber nachfolgend nicht weiter behandelt.

Der starke Einfluss individueller Präferenzstrukturen auf die Verkehrsmittelwahl spiegelt sich in den Intentionswerten wider, die vor allem die Nutzungsabsicht im Linienverkehr positiv beeinflussen. Je höher die Verhaltensabsicht ist, den ÖPNV und seine Informationsdienste zu nutzen, desto größer ist die Nutzungswahrscheinlichkeit.

In Abhängigkeit von der Wahl des Informationsmediums sind die Effekte auf die Nutzenfunktion positiv oder negativ. Die geschätzten Parameter zeigen, dass die dynamische Fahrplanauskunft „info“ einen starken positiven Einfluss auf die Wahl öffentlicher Verkehrsmittel hat. Gegenüber dem klassischen Fahrplanbuch „info_fb“ mit statischen Informationen ist der positive Wirkungseffekt für die Nutzung des ÖV um den Faktor zwei größer. Dagegen verringert die entsprechende (Stör-)Meldung vor Antritt der Fahrt über das Radio den Nutzen für den ÖV. Für die Wahl des AST ist eine ereignisgesteuerte Information „info_pid“ mit empfehlenden Hinweisen nutzenstiftend, da der Kunde mit einer zuverlässigen Informationsmeldung frühzeitig und planungssicher reagieren kann. Der hochwertige Pendlerinformationsdienst hat einen kleineren Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl zu Gunsten des Linienverkehrs, was aber nicht verwundern darf, da es sich ja bei den PID/RID-Nutzern zumeist um Stammkunden handelt.

Für die Erhöhung der Nutzungswahrscheinlichkeit sind Informationen im ÖPNV unerlässlich, wobei die Einflussstärke im Vergleich zu den Systemgrößen und Intentionsindikatoren moderat ausfällt. Die Einführung von latenten Faktoren steigert Erklärungsgehalt und Modellgüte des Verkehrsmittelwahlmodells. Was das Prozessverständnis der erfassten Entscheidungssituationen betrifft, ist die Integration von informationssensitiven Parametern und individuellen Verhaltensabsichten in die Nutzenfunktion ein wichtiger Bestandteil der Modellierung.

6.9 Modellevaluierung

Für die modellseitige Abschätzung der Auswirkungen von VT-Maßnahmen wurde mit der Planspielerhebung eine Datengrundlage geschaffen, deren Reliabilität und Validität in den bisherigen Kapiteln umfangreich und kritisch diskutiert wurde. Auf Grundlage der erzielten Erkenntnisse wurde die Grundstruktur der Modelle entwickelt und anhand der empirischen Daten kalibriert. Die Überprüfung der Parameter auf logische Konsistenz zeigt das vorherige Kapitel. Aus der Verlässlichkeit der empirischen Daten und der Güte des Modellansatzes

ergibt sich letztendlich die Qualität der Verkehrssimulation und die Anwendbarkeit für die Prognose von Maßnahmenwirkungen [EMVE05].

Um die interne Validität zu überprüfen, werden vor der Implementierung des Akzeptanzmodells in das Simulationsprogramm die simulierten Modellergebnisse mit den empirischen Werten verglichen. Vereinfachend wird der Datensatz zur Modellerstellung synthetisch vergrößert und eine einwohnerproportionale Simulationsstichprobe des virtuellen Planspielraums von 5.965 Personen der Region Ulm generiert, was einem Anteil von 10 % der Einwohner entspricht.

Anschließend werden soziodemografische Eigenschaften, raumstrukturelle Merkmale sowie das Aktivitätsverhalten einer Woche aus der Planspielsimulation in die Simulationsstichprobe übertragen. Unter identischen Rahmenbedingungen (z. B. Störungsverteilung, Witterung oder Zeitkartenbesitz) wie im Planspiel wird die Simulation des Informations- und Verkehrsmittelwahlverhaltens durchgeführt. Dabei wird unterstellt, dass die Eckwerte und Randverteilungen der Mobilitätsindikatoren aus der empirischen Analyse trotz der synthetischen Vergrößerung der Simulationsstichprobe konstant bleiben.

Für die Längsschnittbetrachtung von sieben Tagen beinhaltet die Simulationsstichprobe 141.326 Aktivitäten. In Tabelle 21 sind die Eckwerte der durchschnittlichen Nutzung verschiedener Informationsmedien auf Wegebene für die Simulation und Empirie einander gegenübergestellt. Die Eckwerte der Nutzung weichen um bis zu 0,5 Prozentpunkte zwischen Planspiel und Modellsimulation ab, was im statistischen Vertrauensbereich liegt.

Informationsmedium	Planspiel [Anteil in Prozent]	Modell [Anteil in Prozent]
keine Information	85,4 %	85,2 %
Radio	5,7 %	5,7 %
Fahrplanbuch	1,3 %	1,0 %
Online-Auskunft	7,7 %	8,2 %

Tabelle 21: Nutzung einzelner Informationsdienste auf Wegebene (Szenario Status quo)

Es zeigt sich bei einem Vergleich von Planspiel und Simulationsergebnis, dass im Durchschnitt 77 % der Entscheidungen des Individualverhaltens übereinstimmen. Im Vergleich der Anteile der Aktivitätszwecke bei der Informationsanfrage variieren die Abweichungen zwischen Planspielanalyse und Modellsimulation im Mittel zwischen 1,3 % und 4 %, so dass die Modellgüte als zufrieden stellend eingeschätzt wird. Die relativen Abweichungen der informationstechnischen Akzeptanzmodelle liegen bei beiden Szenarien in ähnlichen Bereichen. Für die Abbildung des Entscheidungsprozesses der Informationsbeschaffung ist das Ergebnis hinreichend, um Randbedingungen und den situativen Kontext der Informationswahl realitätsnah nachzubilden.

Der Vergleich der Verkehrsmittelwahl basiert auf einer Gegenüberstellung der modellierten Wahlentscheidung und den Ergebnissen der Planspielerhebung für den ersten aushäusigen Weg im Ausgang. Bei der in Abbildung 29 illustrierten Verteilung des Modal-Splits sind keine wesentlichen Differenzen zu erkennen. Auf der individuellen Entscheidungsebene werden nahezu 75 % der Verkehrsmittelwahlentscheidungen identisch abgebildet.

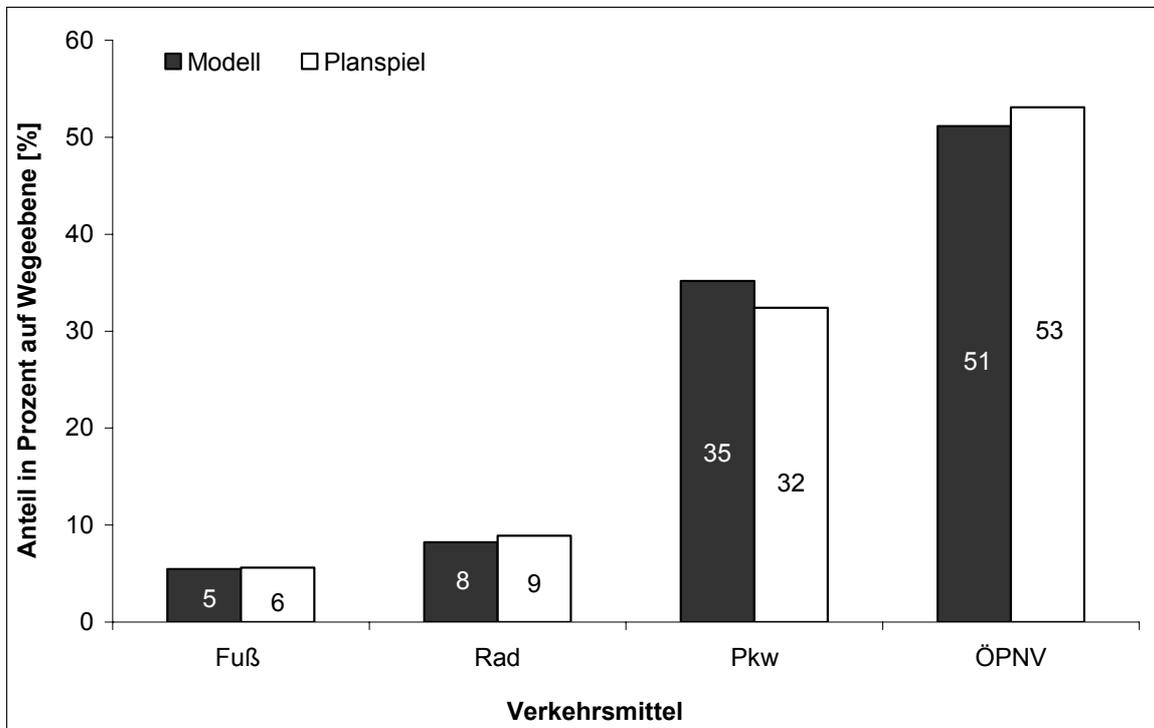


Abbildung 29: Modal-Split (Szenario Status quo)

7 Anwendungsfall in der Region Ulm

Innovative Maßnahmen erwecken hohe Erwartungen, die es einer genauen Wirksamkeitsanalyse zu unterziehen gilt. Insbesondere der Einsatz dynamischer Fahrplaninformationssysteme lässt ein großes Potenzial vermuten, Entscheidungsprozesse der Verkehrsmittelwahl zu Gunsten öffentlicher Verkehrsmittel zu beeinflussen.

In diesem Kapitel wird die Integration des Wirkungsmodells in ein bestehendes Verkehrsplanninginstrumentarium beschrieben und die Praxistauglichkeit in einem Anwendungsfall in der Region Ulm überprüft. Die Simulationsstudie bestimmt die Nachfrageeffekte durch dynamische IuK-Technologien und vergleicht die Wirkungen unterschiedlicher Marktdurchdringungen auf die Verkehrsnachfrage.

7.1 Modellspezifikation

7.1.1 Vorstellung des Modellgebiets

Der in Abbildung 30 dargestellte Untersuchungsraum repräsentiert einen Ausschnitt der Innovationsregion Ulm und umfasst das Gebiet der beiden Donaustädte Ulm und Neu-Ulm sowie den nördlichen Bereich des Alb-Donau-Kreises. In der modellierten Raum- und Siedlungsstruktur werden sowohl ländliche Regionen mit ausgeprägten Pendlerströmen zu den Oberzentren als auch städtische Verdichtungsräume mit starken intrazonalen Verkehrsströmen abgebildet. Die spezifische Anwendungsbereiche der IuK-Technologien werden für die simulierte Modellregion aufgezeigt und die Wirksamkeit der Maßnahmen abgeschätzt.

In der Anwendungssimulation wird eine synthetische Simulationsstichprobe von 134.182 Haushalten mit 232.769 Einwohnern generiert, die ungefähr die Hälfte der Einwohner der Region Ulm repräsentiert. Damit deckt die Simulation den für eine Hochrechnung erforderlichen Umfang ab, so dass Wirkungen zukünftiger Informationsdienste bei einer flächenhaften Einführung im Untersuchungsraum prognostiziert werden können.

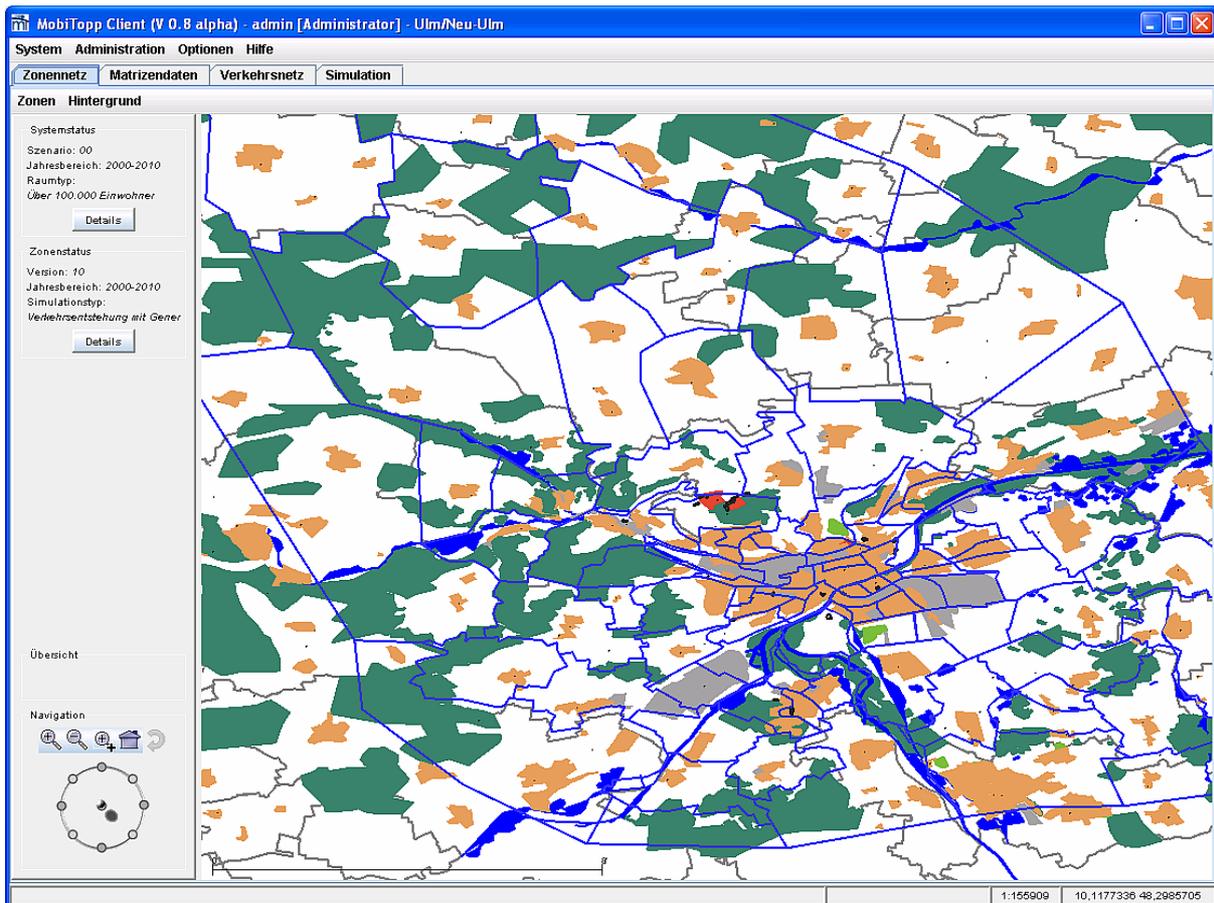


Abbildung 30: Darstellung des Modellgebiets mit Zonensegmentierung

7.1.2 Aufbau des Simulationsmodells

Informationstechnische Maßnahmen beeinflussen individuell die Verhaltensreaktionen der Verkehrsteilnehmer. Zur Abbildung der Wirkungszusammenhänge und Effekte dynamischer Informationsdienste auf das Verkehrsverhalten sind folglich mikroskopische Modellansätze und die Betrachtung von Individuen bestens geeignet [EMVE05].

Das Verhaltens- und Simulationsmodell mobiTopp³⁵ wurde um das beschriebene Wirkungsmodell erweitert, um Nachfrageeffekte eines mit dynamischen Informationsdiensten erschlossenen Untersuchungsgebietes bewerten zu können. In der simulierten Modellregion mit Akteuren und Eigenschaften der Informationsdienste lassen sich grundsätzliche Mängel aufgrund fehlender Kenntnisse umgehen und für die Entscheidungsfindung relevante Informationen zugänglich machen. Das mobiTopp-Modell basiert auf einem mikroskopischen Ansatz zur Simulation der Verkehrsnachfrage und des Verkehrsablaufs, so dass unter dem Einfluss dynamischer Informationen das Mobilitätsverhalten einzelner Personen abgebildet werden kann. Die elementare Einheit bilden Personen in ihrem Haushaltskontext, die Aktivitäten

³⁵ Siehe <http://www.mobitopp.de>.

und die dazu notwendigen Wege im Verlauf eines Tages ausführen. Feste Zielorte wie der Wohnort oder der Arbeitsplatz werden den Personen in der Initialisierungsphase zugeordnet und können im Verlauf der Simulation nicht verändert werden. Daneben sind den Personen jederzeit situative Entscheidungsgrundlagen wie z. B. die aktuelle Verkehrsmittelverfügbarkeit im Haushalt, geplante Aktivitäten und das verfügbare Zeitbudget bekannt. Die Haushalte entsprechen den realen soziodemografischen Merkmalsverteilungen (Haushaltsgröße, Alter und Erwerbstatus) des Untersuchungsgebietes und werden mit Verhaltensdaten aus dem Deutschen Mobilitätspanel angereichert. Das Verkehrsverhalten von Einzelpersonen im Tagesablauf basiert auf Aktivitätsketten, die chronologisch in diskreten Zeitschritten simuliert werden. Eine wichtige Eigenschaft von mobiTopp besteht darin, Erinnerungen zu speichern und Entscheidungen vor dem Hintergrund der gemachten Erfahrung (z. B. durch eingeholte Informationen) zu treffen. Das Modellkonzept von mobiTopp mit den Modulen für Raum, Planung, Verkehrsmanagement und Angebot ist in Abbildung 31 schematisch illustriert [Schn05][ScZu06].

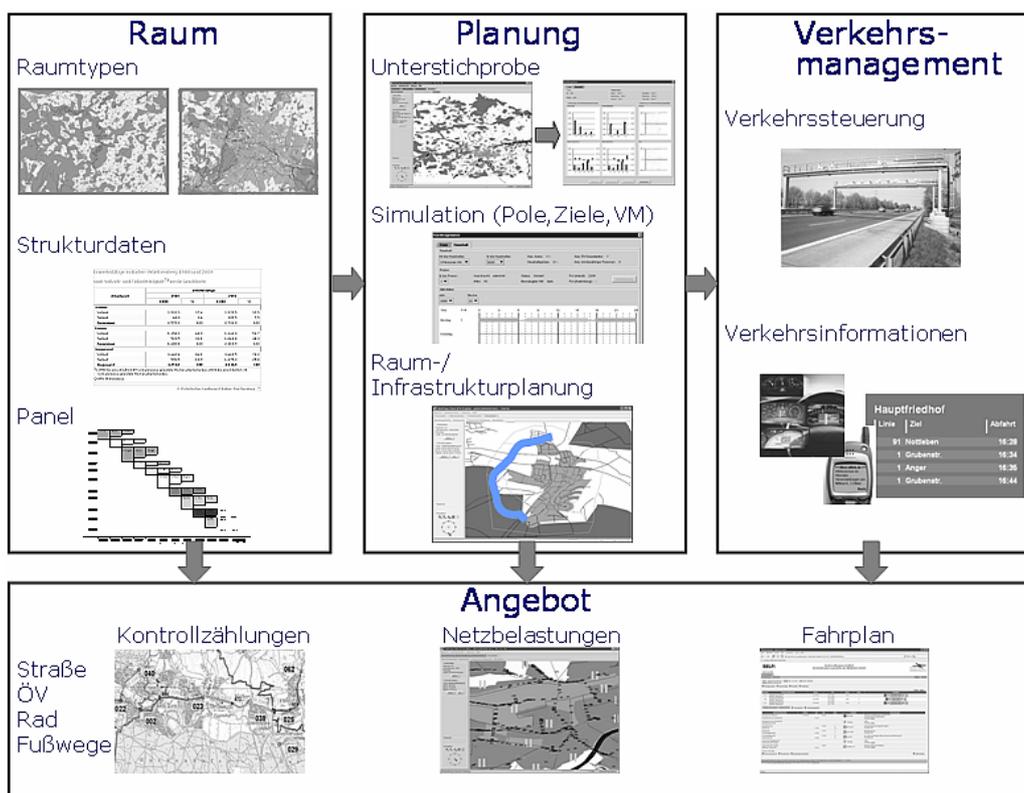


Abbildung 31: Modellkonzept mobiTopp [ScZu06]

Die Verkehrssimulation für die Abbildung des Straßenverkehrs basiert auf einer modifizierten Version der Arbeiten von SCHNITTGER [Schn91], REKERSBRINK [Reke94], MOCKHECKER [Mock94], ZELLER [Zell96] und OKETCH [Oket01]. Durch die Verknüpfung mit dem Verkehrsnachfragemodell wird zeitdiskret ein Fahrzeug dann in das Netz eingespeist, wenn Personen einen Ortswechsel unternehmen. Neue Mobilitätsangebote, wie z. B. flexible

Bedienweisen, können mit dem verhaltensbasierten mikroskopischen Modellansatz differenziert abgebildet und individuelle Verhaltensreaktionen, die durch Informationen ausgelöst wurden, konsistent und plausibel verfolgt werden [ScWi02].

7.1.3 Integration des Nutzerakzeptanzmodells

Die Abbildung der Wirkungszusammenhänge zwischen Verkehrsteilnehmern, Informationsdienst und Verkehrssystem erfolgt mit unterschiedlichen Modellen. Über das Nutzerakzeptanzmodell wird das Verkehrsmodell, in dem die Verkehrsnachfrage und der Verkehr simuliert werden, mit dem Modell für Telematikdienste, das Systeme im ÖPNV auf der Nutzer- und Betreiberseite abbildet, verknüpft (siehe Abbildung 32). Die in Kapitel 6 entwickelten Modelle werden durch die Verkehrsnachfragesimulation mit Inputdaten versorgt und bilden das Mobilitätsverhalten unter dem Einfluss von Informationen ab.

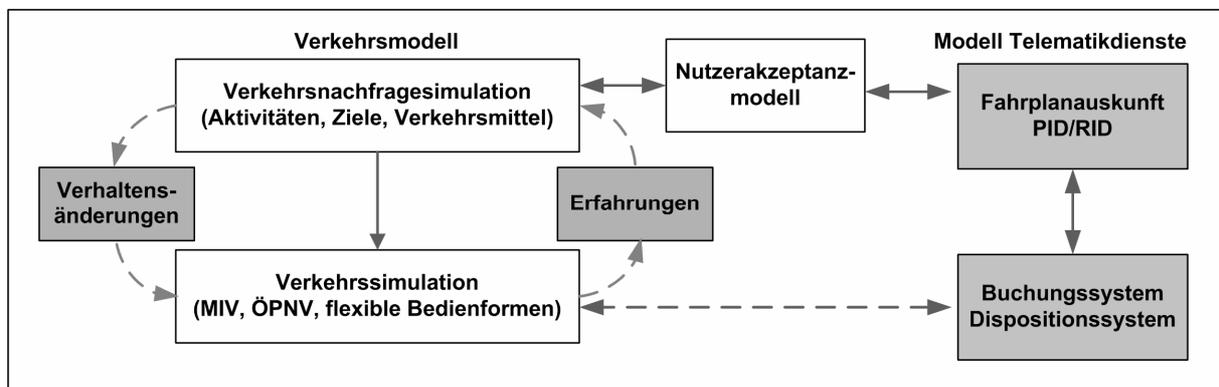


Abbildung 32: Kopplung von mobiTopp und Telematikdiensten

Über eine Kommunikationsschnittstelle zur dynamischen Fahrplanauskunft können simulierte Personen Informationen über Fahrtalternativen erfragen und Reservierungen für nachfrageabhängige Flächenverkehre (z. B. Anrufsammeltaxi) tätigen. Die Anfragen der simulierten Personen werden im Verlauf eines typischen Werktages an das Auskunftssystem gerichtet, das dynamisch aktualisierte Fahrplaninformationen bereitstellt. Ergänzend werden Fahrtalternativen mit flexiblen Bedienformen und Preisangaben angezeigt, für die auch eine Reservierung durchgeführt werden kann. Daraus ergeben sich veränderte Voraussetzungen in der Entscheidungsfindung bzw. durch eine Reservierung schon fixierte Absichten ein bestimmtes Verkehrsmittel zu nutzen. Durch die mikroskopische Simulation des Verkehrsablaufs können Informationen zur aktuellen Verkehrssituation und etwaige betriebliche Dispositionen direkt anfragenden Personen bekannt gegeben werden [Schn05].

Über Schnittstellen (*pluggable algorithms*) werden die entwickelten Algorithmen in das bestehende System integriert. Exemplarisch für die programmtechnische Umsetzung des Akzeptanzmodells in mobiTopp zeigt das Aktivitätsdiagramm *trip request* in Abbildung 33 den Ablauf und die Wechselwirkung zwischen Pre-Trip-Informationsanfragen und ereignisge-

steuerten Informationsdiensten. Bei der Initialisierung der Simulation wird für jede Person festgelegt, ob und für welche Relationen ein PID/RID-Dienst gebucht wird. Die dynamische Fahrplanauskunft kann für jede Verbindung abgerufen werden, die nicht von einem PID/RID-Dienst überwacht wird. Relevant für die Auswahl der Alternativen ist der Zeitpunkt der Anfrage, der über eine Verteilungsfunktion mit der Monte-Carlo-Simulation bestimmt wird. Ist die Informationsanfrage gestellt und wurde erfolgreich eine Verbindungsauskunft zum Verkehrsteilnehmer übermittelt, kann der Vorschlag entweder angenommen oder verworfen werden. Überwachte Verbindungen ohne Störungsmeldung werden generell mit dem Linienverkehr durchgeführt. Erst wenn sich der Informationsdienst aufgrund einer Störung im Betriebsablauf ereignisgesteuert meldet, kann eine Anfrage an das Fahrplanauskunftssystem gesendet und eine Verkehrsmittelwahlentscheidung angestoßen werden.

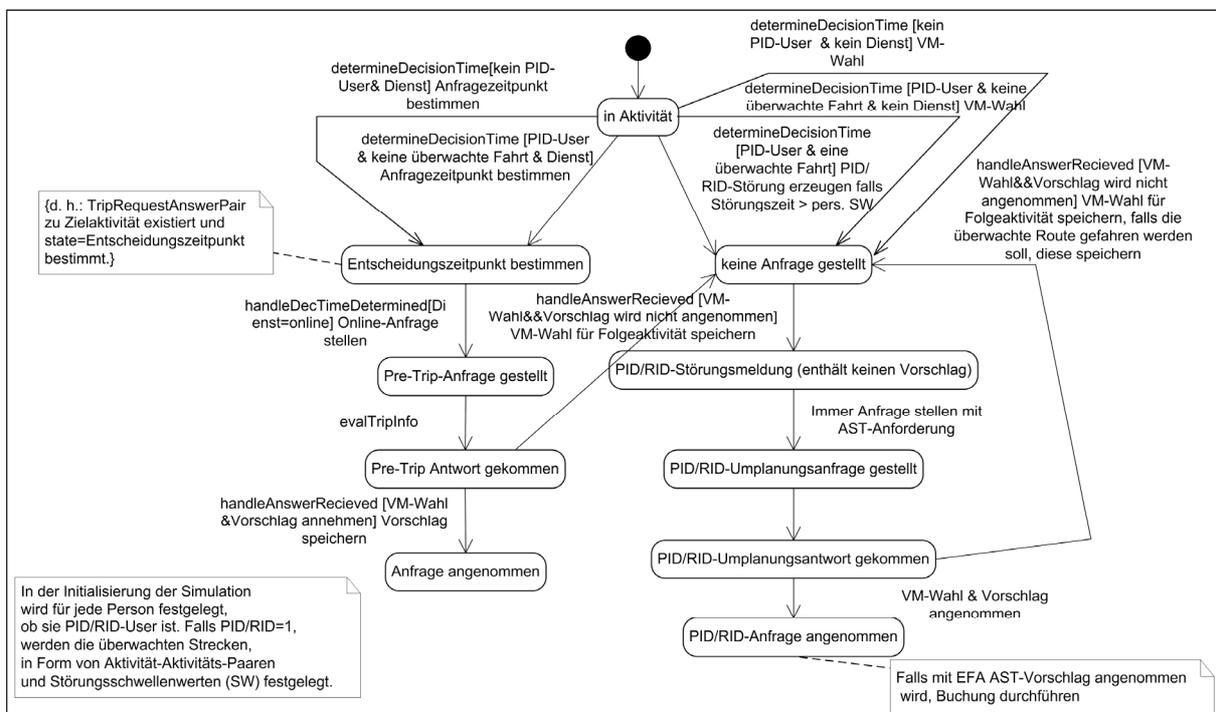


Abbildung 33: Aktivitätsdiagramm – Trip Request

7.1.4 Umsetzung der Szenarien

In der Fallstudie werden beide Szenarien aus der Planspielsimulation (vgl. Kapitel 4.4) umgesetzt und detailliert untersucht. Die Differenzierung erfolgt wie in der Planspielsimulation nach der Qualität der Informationsdienste und dem Angebot öffentlicher Verkehrsmittel.

- Szenario Status quo: Die elektronischen Fahrplaninformationen für den öffentlichen Verkehr basieren auf Solifahrplandaten. Im gesamten Untersuchungsgebiet sind diese Informationen vor Beginn der Fahrt verfügbar und können online über das Internet abgerufen werden. Dieses Szenario ist repräsentativ für Effekte von statischen Informationen auf Verhaltensentscheidungen.

- Szenario Innovation: Die elektronischen Fahrplaninformationen basieren auf Echtzeitinformationen mit aktuellen Abfahrtszeiten für Busse und Bahnen. Im gesamten Untersuchungsgebiet sind diese Informationen vor Beginn der Fahrt online über das Internet (auch mobil über das Handy) abrufbar. Bei unplanmäßigen Verspätungen werden vom PID-Dienst ereignisgesteuerte Meldungen bzw. Empfehlungen an das Handy oder den E-Mail-Account versendet. Der RID-Dienst begleitet den Kunden vorzugsweise auf neuen Relationen durch das ÖV-System und sichert Entscheidungen durch zeitnahe Verbindungsinformationen und zugesicherten Anschlusssicherungen ab. Zusätzlich zum klassischen Linienverkehr stehen in verschiedenen Qualitätsstufen nachfragegesteuerte Flächenverkehre zur Verfügung, die vollständig in die dynamische Fahrplanauskunft integriert sind. Das Anrufsammeltaxi (AST) ist buchungspflichtig und kann auf der Strecke weitere Mitfahrer einsammeln. Der FlexiBus fährt im Linienverlauf, kann aber im Störfall seine definierte Route verlassen, um nachfolgende Haltepunkte zu bedienen. Das Szenario steht für ein modernes Angebotsportfolio im öffentlichen Verkehr und die Wirkung von dynamischen Informationsdiensten auf Verhaltensentscheidungen.

Es ist zu beachten, dass in den Simulationsläufen Mobilitätsangebote und Informationen raum- und zeitunabhängig im ganzen Untersuchungsgebiet verfügbar sind, was für den ÖPNV eine hervorragende Ausgangssituation darstellt. Gleichwohl sind die Ergebnisse als objektive Entscheidungsgrundlage für die Bewertung von innovativen IuK-Technologien effektiv einsetzbar. Für die Umsetzung der Szenarien werden die Module zwei bis vier der Modellstruktur (siehe Abbildung 21) als Nutzerakzeptanzmodell in das Verkehrsplanungsinstrument mobiTopp integriert. Um Aussagen über unterschiedliche Entwicklungen in der Zukunft treffen zu können, werden verschiedene Planfälle definiert.

7.2 Modellvalidierung

Zunächst wurden die Personen- und Haushaltsverteilungen, die Pendlerbeziehungen sowie die Zielwahl und Weglängenverteilung regionalspezifisch angepasst. Nach der Kalibrierung des Verkehrsplanungstools mobiTopp zeigt die Verkehrsnachfrage als relevante Inputgröße für das Nutzerakzeptanzmodell eine hinreichende Übereinstimmung mit den Ist-Daten.

In Prognosemodellen, die aus hypothetischen Situationen und Präferenzdaten abgeleitet wurden, treten Abweichungen gegenüber dem realen Verhalten auf, die zum Teil aus Effekten unbeobachteter Faktoren resultieren. Um die differierenden Bedingungen zwischen virtueller Planspielwelt und realer Welt adäquat zu berücksichtigen, wird das Logit-Modell nach TRAIN [Trai03] über alternativspezifische Konstanten rekaliert. In einem iterativen Prozess

wird die Nutzenfunktion V_i jeder Alternative i additiv um einen Skalierungssparameter α_i erweitert, bis die simulierte Auswahlwahrscheinlichkeit P_i des Modells mit der realen Entscheidung hinreichend genau übereinstimmt.

$$P_i = \frac{e^{(\alpha_i + V_i)}}{\sum_i^n e^{(\alpha_i + V_i)}} \quad (\text{Gleichung 7-1})$$

$$\alpha_i^1 = \alpha_i^0 + \ln\left(\frac{S_i}{\hat{S}_i^0}\right) \quad (\text{Gleichung 7-2})$$

mit P_i : Auswahlwahrscheinlichkeit der Alternative i
 V_i : Nutzen der Alternative i
 α_i : Skalierungsfaktor der Alternative i
 $\left(\frac{S_i}{\hat{S}_i^0}\right)$: Verhältnis Modellwerte/reale Daten

Während für die Verkehrsmittelwahl, mit Ausnahme des Segments flexible Bedienformen, Referenzdaten aus der Vorherbefragung im Untersuchungsgebiet der Region Ulm vorhanden sind, fehlen für die Nutzungshäufigkeit von Fahrplaninformationen auf der Individualebene tatsächliche Werte aus Sekundärstatistiken. Liegen keine Vergleichswerte für die Region vor, werden die hochgerechneten Ergebnisse der Planspielsimulation als Referenzwerte angesetzt. Als Nullfall wird das Jahr 2005 definiert und die Modellrechnung initial für die Wahl des Informationsmediums und des Verkehrsmittels im Untersuchungsgebiet ohne Skalierungsfaktoren durchgeführt. Die Skalierungsfaktoren werden für das „Akzeptanzmodell Informationsmedium“ und das „Verkehrsmittelwahlmodell“ iterativ ermittelt. Speziell für die kostenlosen Alternativen „zu Fuß“ und Rad ist eine Anpassung an die tatsächliche Verkehrsmittelaufteilung notwendig, da in der Planspielsimulation für nicht motorisierte Verkehrsmittel die Entfernungsklassen gedeckelt wurden. Bei der Nutzung der Informationsdienste ist eine geringfügige Überschätzung der Online-Informationen zu erkennen, was zum einen an der Eigenschaft der Präferenzhebung und zum anderen an der Simulation nur eines Wochentages mit mittleren Nutzungsraten liegt.

In Tabelle 22 sind die Skalierungsfaktoren als Ergebnis des Iterationsprozesses zusammengefasst.

Alternative	Skalierungsfaktor		
	Variable	Ausprägung	Modul
zu Fuß	α_1	-0,25	Verkehrsmittelwahl
Rad	α_2	-0,75	
Miv	α_3	4,00	
Online-Information	α_4	-0,60	Informationsmedium

Tabelle 22: Faktoren zur Rekalibrierung der Modellergebnisse

Mit Hilfe einer Sensitivitätsbetrachtung auf Basis der Simulationsstichprobe der Modellevaluierung (vgl. Kapitel 6.9) wird anhand der Verkehrsmittelwahl überprüft, ob durch die Skalierungsfaktoren Effekte auf individuelle Entscheidungsprozesse vorliegen. Es kann subsumiert werden, dass die Erklärungskraft der Entscheidungsmodelle auf mikroskopischer Ebene erhalten bleibt und das Simulationsergebnis an die Verteilung der realen Verkehrsmittelwahl angenähert wurde.

7.3 Analyse der Simulation

7.3.1 Systematik

Um Aussagen über zukünftige Entwicklungen von Fahrplaninformationssystemen in der Region Ulm treffen zu können, werden für die Anwendungssimulation Planfälle definiert. Diese unterscheiden sich durch veränderte Annahmen bezüglich der Marktdurchdringung und Akzeptanz von Informationssystemen. Zunächst wird in diesem Kapitel der „Planfall 0“ vorgestellt, der als Referenzfall für die Analysen dient. Die weiteren Planfälle und die Quantifizierung der verkehrlichen Wirkungen verschiedener Maßnahmen (Technologie und Angebot) werden in Kapitel 7.3.3 ausführlich vorgestellt.

Der „Planfall 0“ entspricht im Szenario Status quo dem kalibrierten Ausgangszustand für das Referenzjahr 2005 und bildet die Akzeptanz von statischen Informationen im ÖPNV ab. Im Szenario Innovation stellt er einen realistischen Ansatz für die Durchdringung und Akzeptanz der dynamischen Informationsdienste dar. Es wird davon ausgegangen, dass die Systeme benutzerfreundlich umgesetzt sind und detaillierte Fahrplaninformationen (inklusive Fahrpreis, Reisezeit, Reservierungsmöglichkeit, Fahrscheinkauf) für das gesamte Untersuchungsgebiet vorliegen.

Bei der Analyse werden die Fahrten durch das Untersuchungsgebiet vernachlässigt, da die Modelle für den Alltagsverkehr geeicht wurden. Auf der Modellebene der dynamischen Auskunftssysteme werden die Anfragen der Personen im Verlauf eines typischen Werktages

simuliert. Zeitlich abhängige Effekte beim Hochfahren der Dienste (Adaptionsphasen) werden nicht berücksichtigt, stattdessen wird das System für den eingeschwungenen Zustand abgebildet.

Aufgrund der Modellkonstellation und des Simulationsaufbaus werden in der Analyse zwei Richtungen verfolgt, die in Abbildung 34 illustriert sind. Veränderungen im Verkehrsverhalten können einerseits innerhalb eines Szenarios (①) direkt aus der Gegenüberstellung der Planfälle abgeleitet werden. Vorhandene Verzerrungen (Planspiel-Bias) in der Modellierung können konstant gehalten und Verhaltensänderungen als Maßnahmeneffekt interpretiert werden. Andererseits kann der „Planfall 0“ für das Szenario Status quo und Innovation (②) berechnet und ausgewertet werden, wobei in den Szenarien unterschiedliche Verzerrungen existieren können. Diese resultieren größtenteils aus unterschiedlichen Freiheitsgraden im Verhalten durch dynamische Informationsdienste. Deshalb ergeben sich gegenüber statischen Fahrplandaten prinzipiell andere Voraussetzungen bzw. es existiert ein anderer Vertrauensbereich, der im Szenario Innovation grundlegend in ein anderes Verständnis für den Entscheidungsprozess der Verkehrsmittelwahl mündet.

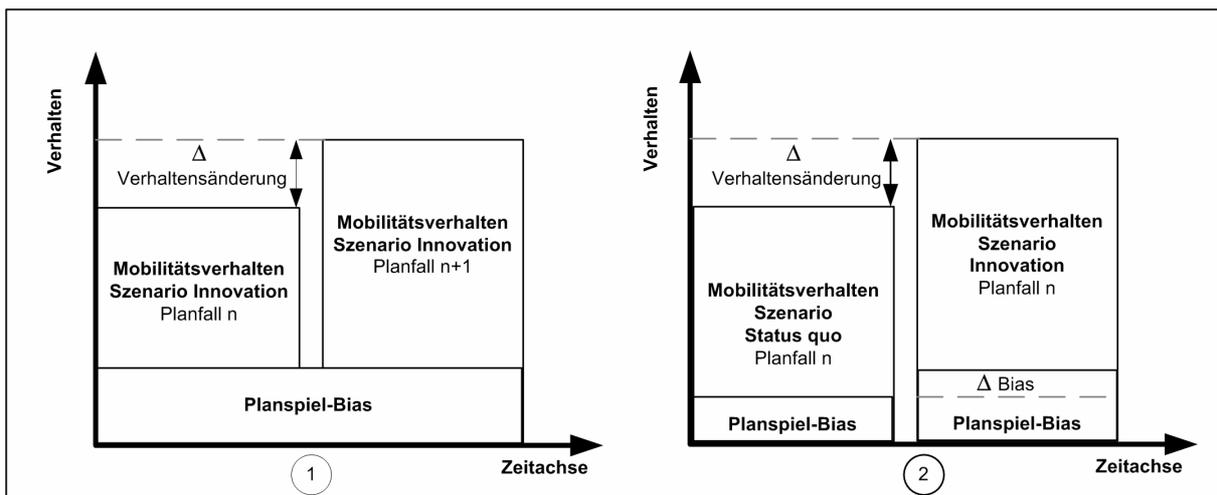


Abbildung 34: Analysemöglichkeiten des Simulationsansatzes

Aus dem „Planfall 0“ des Szenarios Innovation wurden zunächst die dynamischen Informationsdienste und flexiblen Flächenverkehre als Maßnahmen bei der Wirkungsanalyse herausgelöst, um die Abweichungen der Modelle in der Verkehrsmittelwahl bei identischen Rahmenbedingungen zwischen den Szenarien zu bestimmen. In Tabelle 23 ist zu erkennen, dass mit dem Modell im Szenario Innovation die Verteilung der Verkehrsmittel für den Ausgangszustand im Szenario Status quo abgebildet werden kann und dementsprechend beide dargestellten Analysemöglichkeiten hinreichend valide sind.

Verkehrsmittel	Szenario	
	Status quo	Innovation [ohne Maßnahmeneffekte]
zu Fuß	20 %	19 %
Rad	10 %	10 %
MIV	62 %	62 %
Linienverkehr	8 %	9 %

Tabelle 23: Verkehrsmittelaufteilung für den „Planfall 0“

7.3.2 Informations- und Verkehrsmittelwahl

Die soziodemografischen Kennwerte und Mobilitätsindikatoren sind für alle Planfälle, abgesehen von zufälligen Schwankungen, gleich. Bei der Einteilung der synthetischen Bevölkerung in Altersklassen, wie in Abbildung 35 zu sehen, ist eine akzeptable Annäherung an die Sollverteilung des Statistischen Landesamtes für die Region Ulm zu beobachten. Die mittlere Haushaltsgröße liegt mit 1,9 für die Simulationsstichprobe unter dem Sollwert von 2,2, bildet aber hinreichend genau den Verlauf der Soll-Verteilung ab³⁶. Es werden ca. 1.149.226 Wege pro Werktag inklusive Durchgangsfahrten durchgeführt. Im Stadtkreis Ulm (inklusive der Stadt Neu-Ulm) liegt die mittlere Fahrtweite bei 3,6 km und im Alb-Donaukreis bei 17,6 km.

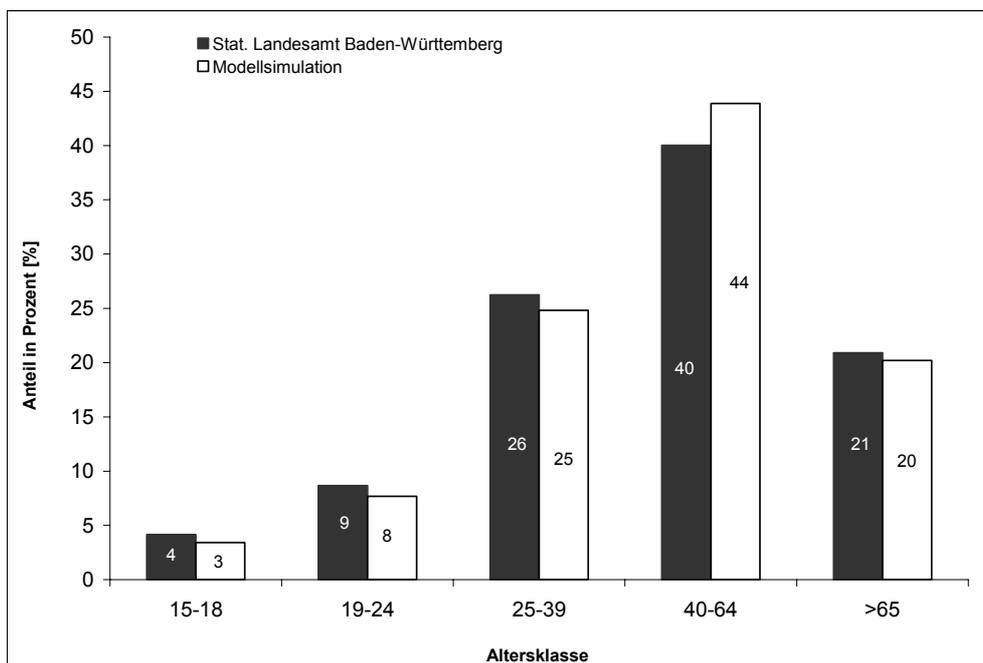


Abbildung 35: Altersverteilung im Untersuchungsgebiet

Das Ergebnis für den „Planfall 0“ mit einer realistischen, zukünftigen Durchdringung von Informationsdiensten zeigt folgendes Bild:

³⁶ Vgl. Statistisches Landesamt Baden-Württemberg, Mikrozensus 2004.

Der ereignisorientierte PID/RID-Informationssdienst wird von 5,3 % der Einwohner in der Region als innovativer Mehrwertdienst im ÖPNV abonniert. Vorwiegend handelt es sich um Häufignutzer, die auf regelmäßigen Fahrtstrecken zeitnah Informationen über Verspätungen vor Antritt der Fahrt benötigen. Nur ein geringer Anteil von 0,5 % der Abonnenten sind Neu- oder Gelegenheitskunden, die auf unbekanntem Verbindungen mit Hilfe von Informationen durch das ÖV-System „*seamless*“ zum Ziel geführt werden. Die Akzeptanz ist aufgrund der niedrigen Taktdichte im ÖPNV-Angebot in ländlichen Regionen um vier Prozentpunkte höher als in städtischen Kernzonen. Im Mittel lassen ca. 20 % aller Zeitkartenbesitzer Fahrtbeziehungen durch den PID/RID-Informationssdienst überwachen. Besonders groß ist die Kundenakzeptanz in der Zielgruppe bis 24 Jahre, die fast 70 % der Abonnenten stellen. Unter den Erwerbstätigen steht die Gruppe der 40- bis 60-Jährigen dem Dienst aufgeschlossen gegenüber. Die Gruppe der Über-65-Jährigen besitzt eine hohe zeitliche Flexibilität und eine niedrigere Technikaffinität. Beide Attribute sprechen gegen die Nutzung des innovativen Dienstes, dementsprechend gering ist die Akzeptanz ausgeprägt (ca. 1 %).

Insgesamt überwacht der ereignisorientierte Informationssdienst pro Tag einen Anteil von 0,39 % aller durchgeführten Wege in der Region Ulm. Da sich der Dienst nur im Fall einer Störung meldet, werden bei 2 % der ÖV-Wege Informationsmeldungen in Form einer SMS oder E-Mail an die Kunden übermittelt. Dies ergibt eine Anzahl von ca. 300 Meldungen pro Tag für den Betreiber. Unterstellt man einen mittleren Kostensatz von 5 Cent pro Meldung plus Kosten für die Datenvorhaltung, ergeben sich zusätzliche Betriebskosten von ca. 15.000 € pro Jahr, was für die Steigerung der Kundenakzeptanz und des Imagegewinns durchaus ein positives Nutzen-Kosten-Verhältnis offenbart.

Die Besorgnis der Verkehrsunternehmen, dass durch die Übertragung von Echtzeitinformationen und Verspätungsmeldungen Kunden von Bus und Bahn (langfristig) zu anderen Verkehrsmitteln abwandern, kann in der Modellsimulation nicht bestätigt, allerdings auch nicht widerlegt werden. In der Simulation nutzen im Fall einer Verspätungsmeldung weiterhin fast drei Viertel der Kunden den ÖPNV. Dennoch weicht über ein Viertel für diese konkrete Fahrt auf andere Verkehrsmittel aus. Nur 11 % der Kunden lösen das Problem, indem sie zum MIV wechseln, 16 % nehmen das Rad oder gehen „zu Fuß“. Bei den darauffolgenden Wegen ohne Störung wird wieder der ÖV genutzt.

Auf der anderen Seite offenbart die Tatsache, dass Informationen genutzt werden und diese auch einen Anteil am Entscheidungsprozess haben, eine grundsätzlich positive Haltung. Durch die frühzeitige Information sind die größten Freiheitsgrade im Entscheidungsprozess vorhanden, um auf unvorhersehbare Situationen zu reagieren (z. B. Verschiebung der Abfahrt oder alternative Verkehrsmittelwahl). Die Unzufriedenheit beim Kunden kann reduziert

werden und trotz einer negativen ÖV-Meldung kann eine positive Verhaltensreaktion im Bewusstsein gespeichert werden.

Der Anteil ÖPNV-spezifischer Auskünfte liegt im Szenario Innovation auf Wegeebe-
ne bei 8,6 % und damit 1,3 Prozentpunkte niedriger als im Szenario Status quo. Dieser Effekt entsteht durch Einführung des ereignisorientierten Informationsdienstes (Push-System), der die aktive Informationsbeschaffung (Pull-System) für tägliche Fahrtrelationen substituiert. In Tabelle 24 ist die durchschnittliche anteilige Nutzung der verschiedenen Informationsmedien auf Wegeebe-
ne abgebildet. Es ist zu erkennen, dass vor allem die dynamische Online-Fahrplanauskunft an Attraktivität gewinnt. Das statische Fahrplanbuch nimmt als Informationsmedium zukünftig eine untergeordnete Rolle ein, wird jedoch als kostengünstiges und portables Basisinformationsmedium weiter Kundensegmente des ÖPNV abdecken. Vor allem Selten- und Gelegenheitsfahrer ohne Zeitkarte nutzen doppelt so häufig das klassische Fahrplanbuch als Inhaber einer Zeitkarte.

Informationsmedium	Szenario	
	Status quo [Prozent aller Wege]	Innovation [Prozent aller Wege]
Radio	5,8 %	4,7 %
Online-Auskunft*	6,4 %	8,0 %
Fahrplanbuch	3,5 %	0,6 %
keine Informationen	84,4 %	86,0 %

Tabelle 24: Anteilige Nutzung der einzelnen Informationsdienste auf Wegeebe-
ne (* Anfragen über Mobilfunk, Internet, WAP oder SMS)

Die aktivsten Nutzer in beiden Szenarien gehören zur Gruppe der technikaffinen jungen Leute bis 24 Jahre. Betrachtet man nur die Wege, bei denen der Verkehrsteilnehmer Informationen abrufen und integriert nachgelagerte Zusatzinformationen, wird bei 60 % der Anfragen im Szenario Innovation die Online-Auskunft gewählt (siehe Abbildung 36).

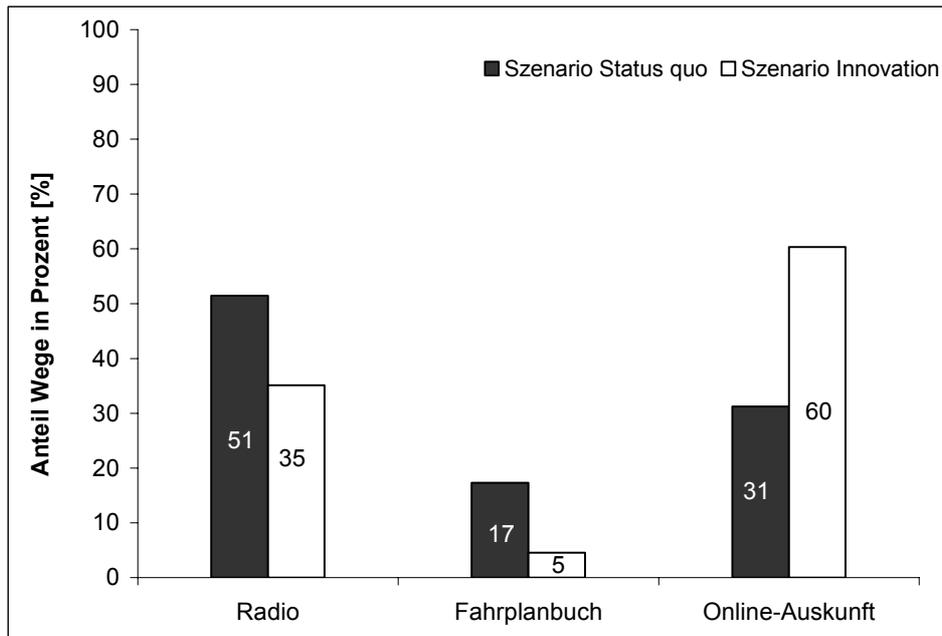


Abbildung 36: Informationsmedium in der Modellsimulation (Wege mit Informationsanfrage)

Wie zu erwarten, ist im Alb-Donau-Kreis mit einer geringeren Taktverdichtung das Bedürfnis nach ÖPNV-Informationen wesentlich ausgeprägter. Beim Szenario Innovation werden in ländlichen Regionen für 11,3 % der Wege Informationen über den ÖPNV benötigt, was gegenüber dem Stadtkreis Ulm eine Mehrnutzung von 5,9 Prozentpunkte bedeutet. Vor allem die Einführung der dynamischen Echtzeitinformationen auf unterschiedlichen Plattformen steigert im Alb-Donau-Kreis die relative Abrufhäufigkeit um ca. 80 %, während im Stadtkreis Ulm nur eine Steigerung von 30 % zwischen den Szenarien zu verzeichnen ist. Insgesamt ist das Informationsverhalten in beiden Szenarien auf der Wegeebene relativ stabil und 83,7 % der Entscheidungen bleiben unverändert.

Das Auffächern des Entscheidungsraums hinsichtlich eines multimodalen Verhaltens zu Gunsten des Umweltverbundes wird infolge der dynamischen Informationsdienste erreicht. Während im Szenario Status quo rund 11 % der simulierten Personen im Untersuchungsgebiet Bus und Bahn innerhalb eines Tages nutzen, kann im Szenario Innovation ein optimierter Verkehrsmittelmix beobachtet werden und nahezu 14 % der Personen fahren mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Ein Grund hierfür liegt sicher in der Erhöhung der Systemgeschwindigkeit infolge der angebotsseitigen Verbesserungen im ÖV mit Unterstützung der IuK-Technologien, so dass die mittlere Reisezeit pro Person und Tag um dreieinhalb Minuten sinkt.

Der Anteil Neukunden liegt bei einem Drittel im Linienverkehr und bei ca. 15 % im Flächenverkehr. Insgesamt ist im Alb-Donau-Kreis der Neukundenanteil um ca. 20 % höher als im Stadtgebiet Ulm. Dies zeigt, dass bei einem optimierten Angebot wahlfreie Kunden in ländlichen Region bereit sind, situativ öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen.

Wie Tabelle 25 zeigt, konnten im Szenario Innovation auf Wegeebe vor allem ÖPNV-Anteile von jeweils 2,5 Prozentpunkten in den Segmenten Linienverkehr und flexible Bedienformen hinzugewonnen werden. Die Zugewinne sind jedoch stark von der Raumstruktur abhängig. Beträgt das Verhältnis Anzahl Fahrten von Linienverkehren zu Fahrten mit flexiblen Bedienformen im Stadtgebiet Ulm noch den Faktor sieben, ist es im Alb-Donau-Kreis nur noch Faktor zwei, so dass fast 35 % der ÖV-Nachfrage mit neuen Angebotsformen befriedigt werden kann. Dies verdeutlicht das Potenzial flexibler und individueller Angebote in ländlichen Regionen als Antwort auf veränderte Nachfragestrukturen und finanzierbare Lösungen.

Verkehrsmittel	Szenario	
	Status quo [Prozent aller Wege]	Innovation [Prozent aller Wege]
zu Fuß	20 %	18,5 %
Rad	10 %	10 %
MIV	62 %	59 %
AST	-	2 %
FlexiBus	-	0,5 %
Linienverkehr	8 %	10 %

Tabelle 25: Modal-Split im Modellgebiet der Region Ulm

In Abhängigkeit vom Szenario werden zwischen 13 % und 15 % der ÖV-Wege im Vorfeld mit einer Online-Auskunft geplant, abgesichert oder gebucht. Der Anteil der Personen, die im Laufe eines Tages öffentliche Verkehrsmittel nutzt und Fahrplaninformationen abrufen, steigt von 18 % im Szenario Status quo auf 23 % im Szenario Innovation an. Vor allem Neukunden sind auf Fahrplaninformationen angewiesen, um Abfahrtszeiten, Reisezeiten bzw. Fahrpreise wahrzunehmen und sich im ÖV-System zu orientieren. Jedoch führen Fahrplaninformationen nicht zwangsläufig zu einem Verkehrsmittelwechsel, so dass der Anteil von Informationen bei der Wahl des MIV diese Neuorientierungsphase verdeutlicht.

Informationsmedium	MIV		ÖPNV*	
	Status quo	Innovation	Status quo	Innovation
keine Information	92 %	86 %	75 %	82 %
Radio	7 %	5 %	6 %	2 %
Fahrplanbuch	3 %	1 %	7 %	1 %
Online-Auskunft	7 %	8 %	13 %	15 %

Tabelle 26: Informationsmedium und Verkehrsmittelwahl

Da in der Modellsimulation Fahrtzwecke, Abfahrtszeiten und Angebote im ÖPNV variieren, liegen bei den meisten Wegen keine Ceteris-paribus-Bedingungen vor. Auf der mikroskopischen Ebene von Einzelfahrten ist im „Planfall 0“ nur eine Teilmenge von 207.263 Wegen zwischen den Szenarien vergleichbar, um Verhaltensänderungen infolge verkehrstelematischer Einflüsse zu extrahieren. Es ist festzustellen, dass durch das Abrufen von Fahrplanin-

formationen die Wahrscheinlichkeit, von einem alternativen Verkehrsmittel auf den Linienverkehr zu wechseln, um 4 Prozentpunkte gegenüber einer Wechselquote von 10 % ohne Nutzung von Informations- und Buchungssystemen steigt. Obwohl bei den Verkehrsmittelwechslern zwischen den Szenarien aufgrund von Informationsdiensten durchaus Verlagerungen auf den ÖPNV zu erkennen sind, können Wirkungen und Ursachen von dynamischen Informationen nicht kausal abgeleitet werden. In Tabelle 27 sind in einer Übergangsmatrix die Veränderungen der Verkehrsmittelwahlentscheidungen mit Informationen zwischen den Szenarien Status quo und Innovation exemplarisch dargestellt.

Szenario Innovation							
Szenario Status quo	zu Fuß	Rad	MIV	AST	FlexiBus	Linienverkehr	Summe
zu Fuß	3,5 %	0,8 %	2,8 %	2,2 %	0,02 %	2,6 %	11,9 %
Rad	1,3 %	0,5 %	1,7 %	1,8 %	0,01 %	1,7 %	7,1 %
MIV	1,9 %	1,2 %	49,7 %	1,6 %	0,06 %	9,1 %	63,5 %
Linienverkehr	0,6 %	0,2 %	3,1 %	4,7 %	0,03 %	8,9 %	17,5 %
Summe	7,3 %	2,7 %	57,2 %	10,4 %	0,12 %	22,3 %	100 %

Tabelle 27: Übergangsmatrix Modal-Split zwischen den Szenarien mit Informationsanfrage (n=17.938 Wege)

Die Steigerung des ÖPNV-Marktanteils und die hohe Nutzerakzeptanz der dynamischen Fahrplaninformationssysteme ist aber nicht nur auf isolierte Maßnahmen neuer IuK-Technologien zurückzuführen, sondern auch das Ergebnis eines verbesserten Gesamtangebotes des öffentlichen Nahverkehrs mit verzahnten Linien- und Flächenverkehren. Allerdings sind dynamische Informationsdienste für die Etablierung und den Erfolg neuer Mobilitätsangebote ein unverzichtbarer Multiplikator. Durch Informationen über die aktuelle Verkehrssituation und Buchungsmöglichkeiten flexibler Angebote entwickeln sich neue Verhaltensbeweggründe bei der Verkehrsmittelwahl, so dass der ÖPNV verstärkt als Alternative wahrgenommen wird. Der direkte Vergleich der ÖV-Anteile zwischen den Szenarien Status quo und Innovation kann als Obergrenze des theoretisch abschöpfbaren Marktpotenzials in einem optimierten ÖPNV-System verstanden werden.

In Abbildung 37 sind die Effekte einzelner verkehrstelematischer Komponenten auf den ÖPNV-Anteil am Modal-Split auf Wegebene illustriert. Ausgehend von einem ÖV-Anteil von 7,6 % im Szenario Status quo können durch die Einführung dynamischer Fahrplanauskunftssysteme (Pull-Systeme) in der Region Ulm bis zu 1,2 % der Wege zum ÖV verlagert werden, wenn flächendeckende und unternehmensübergreifende (inklusive Flächenverkehre) Informationen im Verbundgebiet vorhanden sind. Der ereignisorientierte PID/RID-Informationssdienst als Mehrwertdienst in einem dynamischen Fahrplanauskunftssystem er-

höht die Nachfrage öffentlicher Verkehrsmittel um weitere 1,2 Prozentpunkte. Durch die Einführung von flexiblen Bedienformen als Ergänzung zum klassischen Linienverkehr im Untersuchungsgebiet der Region Ulm können 2 % der Wege auf den ÖPNV verlagert werden. Die Integration eines internetgestützten Reservierungs- und Buchungssystems für die neuen Mobilitätsangebote in die Fahrplanauskunft erhöht die Nachfrage um weitere 0,5 Prozentpunkte. Es zeigt sich, dass Nachfrageeffekte klassischer Angebotsmaßnahmen durch „weiche“ verkehrstelematische Maßnahmen effektiv unterstützt werden.

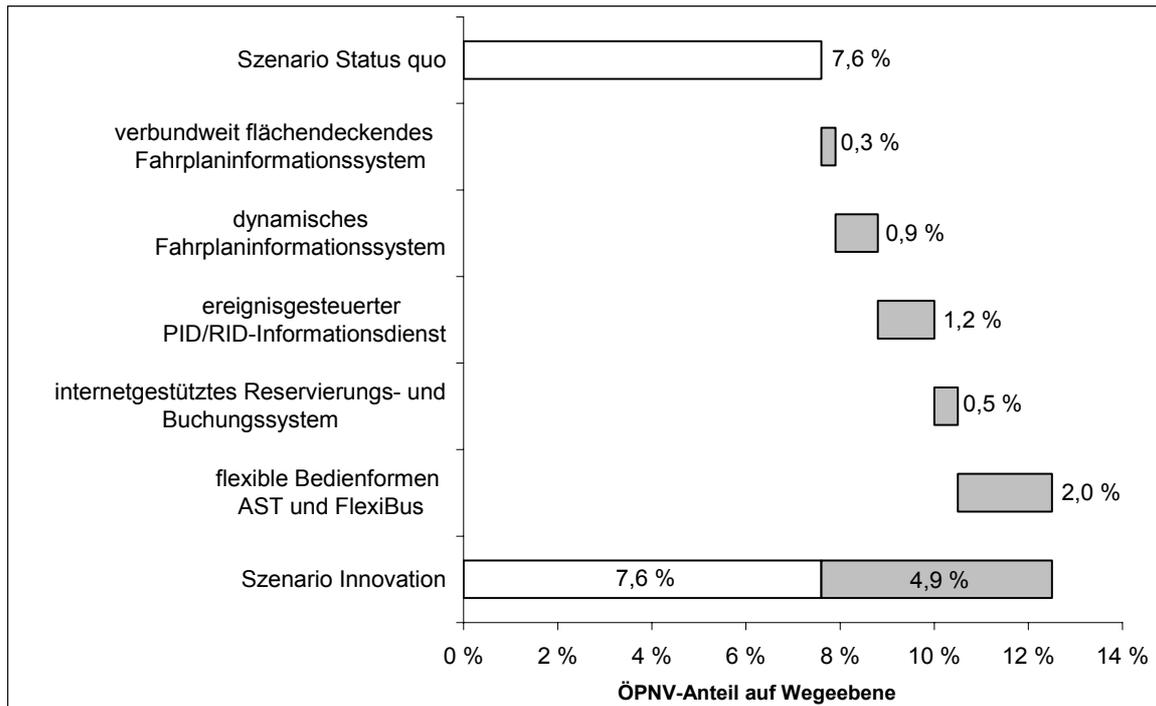


Abbildung 37: Nachfrageeffekte durch IuK-Technologien

7.3.3 Sensitivitätsanalyse

Um einzelne Effekte der IuK-Technologien aus dem Maßnahmenbündel isoliert zu quantifizieren, wurden unter Ceteris-paribus-Bedingungen Planfälle mit unterschiedlichen Annahmen über zukünftige Entwicklungen und die zukünftige Marktdurchdringung der Informationssysteme definiert. Langfristig werden jedoch alleine durch dynamische Informationssysteme keine nachhaltigen Wirkungseffekte erwartet, sondern nur in Verknüpfung mit einem modernen ÖV-Angebot können diese Marktpotenziale abgeschöpft werden. Das simulierte Verhalten unter dem Einfluss von dynamischen Informationssystemen ist geprägt von positiven Erfahrungen mit dem System und führt zu anderen Freiheitsgraden bei Wahlentscheidungen als es heute der Fall ist. Zukünftig werden zudem in ländlichen Regionen Verkehrsteilnehmer wohnen, die mit modernen IT-Systemen vertraut sind. Die aufgezeigten Wirkungspotenziale durch IuK-Technologien werden aufgrund von Adaptionsprozessen erst mit einem Verzögerungseffekt mittelfristig realisierbar. Das Simulationsmodell stellt eine direkte Verbindung

zwischen Akzeptanzgrad und der Verkehrsmittelwahl her. Auf der aggregierten Ebene gibt der Modal-Split Aufschluss darüber, in welchen maximalen Bandbreiten Entwicklungen unter optimierten Bedingungen in der Region Ulm unter den Rahmbedingungen der Szenarien Status quo oder Innovation eintreten können.

Mit Hilfe des Simulationsmodells wurden Sensitivitätsanalysen durchgeführt, um zu untersuchen, welche Veränderungen sich aus unterstellten schwächeren oder stärkeren Nutzungen der Informationsmedien ergeben würden. Die Auswertungen erfolgen anschließend innerhalb des jeweiligen Szenarios und weisen relative Veränderungen zum bereits analysierten „Planfall 0“ auf. Nachfolgend werden die Planfälle mit ihren Hauptcharakteristika kurz beschrieben:

- Planfall 1: Elektronische Fahrplaninformationen über das Internet stehen nicht zur Verfügung.
- Planfall 2: 100 % höhere Marktdurchdringung der Informationsdienste gegenüber dem Planfall 0.
- Planfall 3: Volle Marktdurchdringung. Für alle Wege werden Informationen abgerufen.
- Planfall 4: Der PID/RID-Dienst als ereignisorientierter Informationsdienst überwacht im Szenario Innovation jede Verbindung und gibt aktiv Empfehlungen.
- Planfall 5: Die Kosten im ÖPNV fallen um 10 %.
- Planfall 6: Die Reisezeit im ÖPNV reduziert sich um 10 %.

Der „Planfall 1“ ist repräsentativ für die Wirkungspotenziale von elektronischen Fahrplaninformationen. Im „Planfall 2“ wird ein optimistischer Zustand simuliert, der gegenüber dem „Planfall 0“ für eine zukünftige Marktdurchdringung die Akzeptanz für statische und dynamische Informationsmedien um 100 % erhöht. Die „Planfälle“ 3 und 4 entsprechen dem „idealen“ Zustand und zeigen die maximalen Wirkungspotenziale auf, die von Informationen speziell für den öffentlichen Verkehr erreicht werden können. In den „Planfällen“ 5 und 6 werden klassische Angebotshebel wie Reduzierung von Reisezeit und Fahrpreise als Maßnahmen umgesetzt und den verkehrstelematischen Maßnahmeneffekten gegenübergestellt. In Abbildung 38 und Abbildung 39 sind die wesentlichen Ergebnisse der Planfallsimulationen dargestellt.

Im „Planfall 1“ stehen keine elektronischen Informationssysteme für die Verkehrsteilnehmer zur Verfügung, wodurch der ÖPNV-Anteil moderat zurückgeht. Für das Modellgebiet der Region Ulm nehmen im Szenario Status quo (Sollfahrplan) die Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln um 0,2 Prozentpunkte ab bzw. ein Fahrgastrückgang von 2,5 % ist zu beobachten. Besonders sichtbar werden die Auswirkungen im Stadtgebiet Ulm, wo der ÖPNV fast 0,4

Prozentpunkte verliert. Im Szenario Innovation (Echtzeitinformation) sinkt der Modal-Split im ÖPNV um 1,7 Prozentpunkte, wobei die Nachfrageveränderung verstärkt bei flexiblen Bedienformen auftritt. Drei Viertel der Fahrten verlagern sich auf den MIV. Der große Einfluss dynamischer Fahrplaninformationen und Buchungsmöglichkeiten auf die Akzeptanz von Flächenverkehren spiegelt sich in einem Fahrgastrückgang von 40 % wieder. Dagegen gehen bei Linienverkehren die Fahrgastzahlen um 7 % zurück. Wird als informationstechnische Maßnahme ein (dynamisches) Fahrplanauskunftssystem flächendeckend eingeführt, wird folglich ein Fahrgastzuwachs zwischen 2,5 % und 7 % im ÖPNV prognostiziert.

Die Bekanntheit und Inanspruchnahme der Fahrplaninformationen wird im „Planfall 2“ in Abhängigkeit von der Nutzerstruktur im „Planfall 0“ verdoppelt, so dass die Nutzenfunktion sich über die Indikatorvariable „Information“ verändert und Auswirkungen auf die Verkehrsmittelwahl abgeschätzt werden können. Im Szenario Status quo erhöht sich der ÖPNV-Anteil unabhängig von der Art des Informationsmediums (Fahrplanbuch oder Online-Auskunft) um 0,4 Prozentpunkte. Die Planungssicherheit und Attraktivität des ÖPNV-Systems wird durch aktuelle Informationen gesteigert, so dass die Akzeptanz für alternative Verkehrsmittel zunimmt. Der Anteil des Linienverkehrs steigt im Szenario Innovation um 2,2 % Prozentpunkte, flexible Bedienformen können 0,8 Prozentpunkte am Modal-Split hinzugewinnen, so dass insgesamt 3 % der Wege auf den ÖPNV verlagert werden.

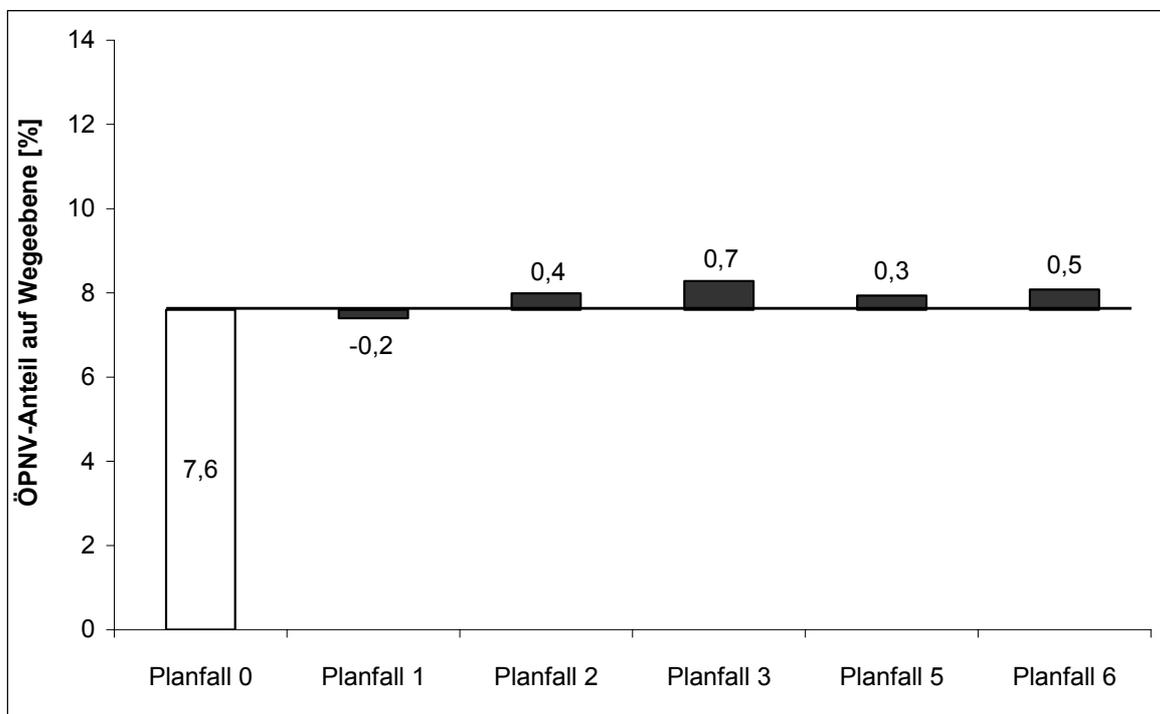


Abbildung 38: Veränderungen im Modal-Split durch Planfallmaßnahmen

Im „Planfall 3“ wird die Informationsrate erhöht, um extreme Veränderungspotenziale abzuschätzen, die von Informationssystemen ausgehen können. Dies ist ein hypothetischer Fall,

der in der Praxis nicht zu erwarten ist. Um den Aufwand täglicher Entscheidungsprozesse zu reduzieren, werden keine Verhaltensroutinen entwickelt, sondern für jeden Weg Fahrplaninformationen abgerufen. Es zeigt sich folgendes Bild: Im Szenario Status quo können zusätzlich 0,7 % der Wege auf den ÖV verlagert werden. Mit 6,1 % Zuwachs am Modal-Split gewinnt im Szenario Innovation mit dynamischen Fahrplaninformationssystemen der Linienverkehr dreimal so viel wie die flexiblen Bedienformen, obwohl gerade diese für den MIV-Nutzer eine individuelle Alternative darstellen. Gegenüber statischen Informationen können aber Verlagerungspotenziale vom MIV abgeschöpft werden.

Als visionäre Idee wird im „Planfall 4“ ein omnipotenter Verkehrsteilnehmer vorausgesetzt. Dabei wird jede anstehende Fahrtrelation vom PID/RID-Informationssdienst als Informationsagent überwacht und Empfehlungen in Abhängigkeit von der aktuellen Verkehrslage übermittelt. Insgesamt können Zuwachsraten von 15 Prozentpunkten beobachtet werden, wobei die nachfragegesteuerten Flächenverkehre 1,9 % und der Linienverkehr 13 % relative Verkehrsanteile hinzugewinnen. Mögliche Bündelungswirkungen innerhalb der Flächenverkehre durch einen optimierten Besetzungsgrad oder Substitutionen aufgrund nicht ausgelasteter Linienverkehrsfahrten wurden nicht berücksichtigt.

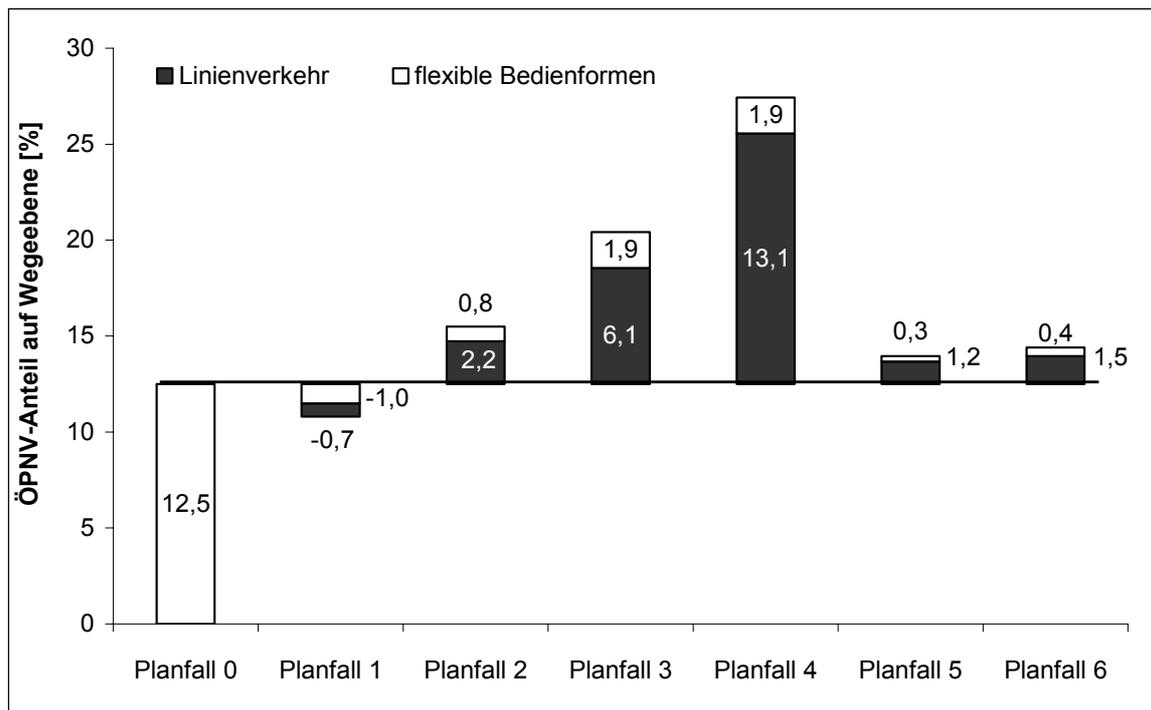


Abbildung 39: Veränderungen im Modal-Split durch Planfallmaßnahmen

Im Gegensatz zu den informationstechnischen Maßnahmen der vorherigen Planfälle wurden in den „Planfällen“ 5 und 6 die Fahrpreise und Reisezeiten im ÖPNV pauschal jeweils um 10 % reduziert. Bei der Kostenreduzierung zeigt sich, dass im Szenario Status quo eine zusätzliche Verlagerung von 0,3 % auf ÖV-Wege erzielt werden kann. In einer ähnlichen Größen-

ordnung mit einer Zunahme von 0,5 Prozentpunkten liegen die Effekte durch Reisezeitverkürzungen. Weil die Kundenakzeptanz des ÖPNV im Szenario Innovation zugenommen hat, wird die Reduzierung der Reisezeit und Fahrtkosten im ÖPNV stärker angenommen und 1,5 % bzw. 1,9 % mehr Fahrten auf Bus und Bahn verlagert. Es zeigt sich, dass gegenüber klassischen Angebotsmaßnahmen mit IuK-Technologien eine moderate Steigerung des Marktanteils im ÖPNV erreicht werden kann. Jedoch muss der Einsatz unter Nutzen-Kosten-Gesichtspunkten wohlüberlegt sein.

8 Fazit und Ausblick

Für einen zukunftsfähigen öffentlichen Verkehr unter Berücksichtigung ökonomischer Ressourcen und sozialer Nachhaltigkeit ist die Kombination von neuen Verkehrskonzepten und Informationstechnologien unverzichtbar. Mit Hilfe des entwickelten mikroskopischen Modellansatzes besteht eine praktikable Möglichkeit, Wirkungen von dynamischen Informationsdiensten im Vorfeld abzuschätzen und eine objektive Entscheidungsgrundlage für einen effizienten Einsatz der Finanzmittel im ÖPNV bereitzustellen.

Abschließend werden in diesem Kapitel die zentralen Ergebnisse der Arbeit dargestellt und daraus Anforderungen für den Praxiseinsatz und der weitere Forschungsbedarf abgeleitet.

8.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Rahmenbedingungen im ÖPNV werden durch wirtschaftliche und gesellschaftliche Veränderungen zunehmend schwieriger. Steigender Kostendruck und eine abnehmende Bündlungsfähigkeit der Verkehrsströme erschweren vor allem in ländlichen Räumen Angebotskonzepte, die auf starren Liniensystemen beruhen. Zur Sicherung der Mobilität unter Berücksichtigung vorhandener Ressourcen und des Klimaschutzes ist eine Modernisierung der Strukturen erforderlich. Ein optimiertes Verkehrsangebot aus Linienerkehr und flexiblen Bedienformen soll dem (potenziellen) Fahrgast einen attraktiven, öffentlichen Nahverkehr ermöglichen. Mit Hilfe von IuK-Technologien erfolgt die Verzahnung von Linien- und Flächenverkehr in einem schlüssigen Gesamtkonzept, um die Nutzung des ÖPNV komfortabler zu gestalten. Für den Kunden muss eine sichere, zuverlässige und durchgängige Reisekette erkennbar sein. Komponenten der Verkehrstelematik ergänzen dabei die Umsetzung dieser Ziele.

Die Nutzung aktueller Verkehrsinformationen im ÖPNV dient der Orientierung des Kunden im Verkehrssystem. Fahrten werden zwar im Vorfeld planbarer und die Steigerung der Kundenzufriedenheit ist nachweisbar, allerdings sind die abgeleiteten Handlungsspielräume durch Informationen aufgrund von Alltagsroutinen und Sachzwängen nur eingeschränkt nutzbar. Andererseits bietet sich den ÖPNV-Betreibern mit Hilfe der nachgefragten Informationen eine neue Möglichkeit zur Verbesserung des Angebots. Erst durch schnell und bequem zugängliche Informationen und Buchungen sind flexible Bedienformen überhaupt sinnvoll nutzbar.

Geplante Investitionen in IuK-Technologien müssen in Zeiten begrenzter Finanzierbarkeit im Vorfeld durch Wirkungsanalysen unter Nutzen-Kosten-Gesichtspunkten überprüft werden.

Dies bestätigen die Ergebnisse aus der Planspielerhebung und der Anwendungssimulation. Methodisch fundierte Evaluationen von VT-Maßnahmen mit Modellrechnungen sind noch wenig etabliert. Ein Grund hierfür ist das Fehlen einer geeigneten Datengrundlage zur Kalibrierung zweckmäßiger Modelle. Um bereits in einer frühen Planungsphase, ohne hohe Zeit- und Geldinvestitionen, Wirkungspotenziale von technischen Systemen abschätzen zu können, müssen geeignete Präferenzmessungen durchgeführt werden. Bis zum heutigen Zeitpunkt gibt es jedoch kaum gesicherte Erkenntnisse darüber, mit welchen Methoden informationstechnische Maßnahmen evaluiert werden sollen.

Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit war die Entwicklung und Umsetzung einer Planspielerhebung zur Schaffung einer für die Fragestellung entsprechend detaillierten Datengrundlage. Wissenschaftliche Standards zur Datenerhebung haben sich in der langjährigen Anwendungspraxis durchaus bewährt, so dass die Weiterentwicklung und Nutzung bestehender Techniken erfolgsversprechend war. In Abhängigkeit von der Spezifikation der informationstechnischen Maßnahmen wurde die empirische Untersuchung als Planspielsimulation aufgebaut und realisiert. Das Ziel einer möglichst wirklichkeitsnahen Präsentation von Entscheidungssituationen nahe dem alltäglichen Mobilitätsverhalten konnte mit dem Planspiel umgesetzt werden. Es zeigte sich, dass mit der Erhebungsmethode qualitativ hochwertige Daten und detaillierte Erkenntnisse über Ursachen und Hintergründe bei der Inanspruchnahme von Informationen gewonnen werden konnten.

Darauf aufbauend wurde das methodische Konzept für das Wirkungsmodell entwickelt. Das Ziel bestand darin, ein bestehendes Verkehrsplanungswerkzeug um Wirkungszusammenhänge zwischen Fahrplaninformationen und Verhaltensreaktionen zu erweitern. Der Einsatz von Modellen, die eine vereinfachte Realität abbilden, ist zur Hochrechnung der Wirkungen, bei flächenhafter Einführung von Informations- und Mobilitätsdiensten, notwendig. Im Rahmen der Arbeit wurde ein ökonometrisches Modell entwickelt, um das Mobilitätsverhalten in der Region Ulm unter dem Einfluss von verkehrstelematischen Systemen zu simulieren. Anschließend wurden die Nachfrageeffekte verschiedener IuK-Technologien abgeschätzt und bewertet.

Bei der modelltechnischen Umsetzung der Szenarien Status quo (ohne Maßnahme) und Innovation (mit innovativen IuK-Technologien) zeigt sich folgendes Bild: Insgesamt beeinflussen informationstechnische Maßnahmen die subjektive Wahrnehmung und das Image des ÖPNV positiv. Die Nutzung von aktuellen Fahrplaninformationen dient meistens der Optimierung bestehender Abläufe. Eine Information allein reicht nicht aus, um eine dauerhafte Verhaltensänderung zu initiieren, sondern fördert – zunächst nur einmalig – eine ereignisbedingte Reaktion. Die Bereitschaft zur Multimodalität wird durch verkehrstelematische Maßnahmen gefördert und situationsabhängig werden einzelne Fahrten auf öffentliche Ver-

kehrsmittel verlagert. Besonders ereignisorientierte Informationsdienste (Push-Dienste) in Kombination mit flexiblen Bedienformen lassen das größte Potenzial erwarten, um in Zeiten des demografischen Wandels und leerer Kassen in ländlichen Regionen attraktive Angebote aufrechtzuerhalten. Im städtischen Kontext können flexible Bedienformen nur moderat neue Kunden gewinnen. Hier steht eine Stärkung der Kundenzufriedenheit im Vordergrund.

Als strategisches Marketinginstrument zur Erhöhung der Kundenzufriedenheit und zur sozialen Imageförderung sind Informationssysteme ein wichtiger Baustein. Die Verknüpfung von dynamischen Fahrplaninformationen und ereignisorientierten Informationsdiensten garantiert dem Kunden eine hohe Planungssicherheit und vermittelt selbst bei negativen Erlebnissen (z. B. einer Verspätungsmeldung) eine positive Kundenzufriedenheit, da frühzeitig Verhaltensreaktionen eingeleitet werden können.

Bei der Ausgestaltung von Informationsdiensten ist zu bedenken, dass die wichtige Gruppe der Senioren in ländlichen Regionen innovative Angebote nicht bedingungslos annimmt. Der Kunde wünscht hier pragmatische Lösungen, so dass technische Neuerungen generell im Vorfeld überprüft werden müssen, ob sie einen Mehrwert bieten. Die meisten neuen Angebote werden hauptsächlich von einem kleinen Kundenkreis frequentiert, der bereits vorher das ÖPNV-Angebot genutzt hat und den Komfortgewinn schätzt. Die Ergebnisse der Simulation verdeutlichen, dass Informationen einen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl ausüben. Beim Vergleich der Wirkungen der untersuchten IuK-Technologien konnten durch dynamische Informationen und ereignisorientierte Informationsdienste jeweils Nachfrageeffekte von ca. einem Prozent zusätzlicher ÖV-Wege nachgewiesen werden.

Der Zeitpunkt, um zukunftsgerichtete Informations- und Mobilitätsdienste zu lancieren, ist ausgezeichnet und muss als Chance verstanden werden, Verkehrsteilnehmer für den ÖPNV zu sensibilisieren. Neben der Diskussion über Feinstaub und Klimawandel schaffen diejenigen über Verkehrsstaus, knappen Parkraum in den Ballungsgebieten und steigende Kraftstoffpreise günstige Voraussetzungen. Aus Sicht der Forschung sind die Investitionen in Präferenzmessungen, was der Potenzialabschätzung innovativer Systeme betrifft, positiv zu beurteilen, da die hochwertigen Daten vielfältige Analysemöglichkeiten und Modellentwicklungen eröffnen. Im Rahmen der Arbeit wurden die Wirkungen von dynamischen Informationsdiensten auf die Verkehrsmittelwahl bestimmt und am Beispiel der Region Ulm ein in der Verkehrswissenschaft neues Forschungsthema untersucht. Der entwickelte Modellansatz soll als qualitative und quantitative Analyse zu einer fundierten Diskussion beitragen.

8.2 Praxisrelevanz und weiterer Forschungsbedarf

Diese Arbeit liefert ein anwendbares und innovatives Konzept, mit dem Wirkungen von IuK-Technologien aus Kunden- und Betreibersicht mittels Planspielerhebung und Simulationsmodell quantifiziert werden können. Mit dem Planspiel steht ein geeignetes Messinstrument für informationstechnische Maßnahmen zur Verfügung, das auf andere Regionen übertragen werden kann. Die flexible Gestaltung der Planspielsimulation erlaubt es, weitere Informationsdienste, wie z. B. dynamische Zielführungssysteme, für den MIV zu implementieren.

Kern der Evaluation ist die Abschätzung der Richtung und Intensität der Nachfrageeffekte durch VT-Maßnahmen mit dem entwickelten Wirkungsmodell. Auf der Angebotsseite lassen sich Kundensegmente von flexiblen Bedienformen identifizieren sowie optimale Fahrzeugstandorte für eine Fahrtbündelung und die Planung von Einsatzgebieten abschätzen. Das Nutzerakzeptanzmodell prognostiziert die Marktdurchdringung der neuen Informationsdienste und gibt Hinweise auf Nutzerstrukturen und Hintergründe der Informationsbeschaffung. Durch den mikroskopischen Modellansatz können z. B. die Ausstattungsgrade von PID/RID-Informationsdiensten nach Zielgruppen verändert und Sensitivitätsanalysen durchgeführt werden. Mit Hilfe des informationssensitiven Modellansatzes können die Vorteile und Risiken der Maßnahmen vor der Implementierung aufgezeigt werden. Das Modell schafft die Grundlagen dafür, die Zusammenhänge zwischen Fahrplaninformationen und Verhaltensreaktionen zu analysieren.

Weiterer Forschungsbedarf besteht darin, die interdisziplinäre Zusammenarbeit für verkehrstelematische Fragestellungen zu forcieren und standardisierte Evaluierungsmethoden zu entwickeln. Es bleibt weiteren Simulationsstudien vorbehalten, die Rückkopplung von gewonnenen Erfahrungen mit dem Informationsmedium und dem Verkehrsmittel auf etwaige Veränderungen von Aktivitätsketten abzubilden. Hierzu sind langfristige Beobachtungen nötig und Modelle aus kombinierten RP- und SP-Daten weiter zu erforschen. Insbesondere bei dynamischen Informationsdiensten kann es durch „falsche“ Informationen zu einer Rückverlagerung auf alte Verhaltensmuster kommen.

Literaturverzeichnis

- [AaKn97] Aarts, H., Verplanken, B., van Knippenberg, A.: Habit and information use in travel mode choices. *Acta Psychologica*, 96 (1-2), pp. 1-14, 1997.
- [AbMe03] Abay & Meier: Vorstudie zu den Wechselwirkungen Individualverkehr-öffentlicher Verkehr infolge von Verkehrstelematik-Systemen. Forschungsauftrag SVI 2001/412, Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation, Bundesamt für Straßen, Zürich, Februar 2003.
- [acat06] Mobilität 2020. Perspektiven für den Verkehr von morgen. acatech - Konvent für Technikwissenschaften der Union der deutschen Akademien der Wissenschaften e.V., Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 2006.
- [Ajze91] AJZEN, J.: The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, page 179-211, 1991.
- [Ajze02a] Ajzen, I.: Constructing a TOPB Questionnaire: Conceptual and Methodological Consideration. Im Internet unter URL: <http://www.people.umass.edu/aizen/publications.html>, September 2002.
- [Ajze02b] Ajzen, I.: Behavioral Interventions Based on the Theory of Planned Behavior. URL: Im Internet unter URL: <http://www.people.umass.edu/aizen/publications.html>, September 2002.
- [AIBI98] Alder, J.L., Blue, V.J.: Toward the design of intelligent traveller information systems. *Transportation Research* 6C (3), pp. 157-172, 1998.
- [AmWe03] Amberg, M., Wehrmann, J.: Benutzerakzeptanz mobiler Dienste - Ein Erfahrungsbericht zum Compass-Akzeptanzmodell. Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, 2003.
- [Ange06] Angermüller, W.M.: Die Kundenzufriedenheit und ihr Einfluss auf die Nachfrage – Ein strategisches Instrument zur Erlössteuerung. *Der Nahverkehr*, Heft 7-8, S. 55-61, 2006.
- [Appe07] Appel, L.: Demografische Entwicklung und öffentlicher Personennahverkehr im ländlichen Raum. Dissertation, Universität Kassel, Fachbereich Bauingenieurwesen, Mai 2007.
- [Arci00] D' Arcier, B.F.: The Attempt To Find New Behavioral Hypotheses. Workshop on hypothetical situations, Resource Paper, TRB Transportation Research Circular E-C008. Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité (INRETS), France, 2000.
- [Arge01] Arbeitsgemeinschaft Prognos AG/Keller, H. et al.: Wirkungspotenziale der Verkehrstelematik zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur- und Verkehrsmittelnutzung. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (FE-Nr. 96.484/1999), Basel, Juli 2001.
- [ArSt01] Arndt, K., Stöveken, P.: Fahrgastinformation über Handy erhöht Kundenzufriedenheit. Ergebnisse eines Feldversuches in Hessen. *Der Nahverkehr*, Jahrgang 19, Heft 10, S. 18 ff., 2001.

- [Axha95] Axhausen, K.W.: Was sind die Methoden der Direkten Nutzenmessung, Conjoint Analysis oder Stated Preferences? Straßenverkehrstechnik, Heft 5, S. 210-218, 1995.
- [Axha01] Axhausen, K.W.: Modellierung der Verkehrsnachfrage auf Basis von Individualentscheidungen, DLR Sommerschule, Berlin, September 2001.
- [Axha03] Axhausen, K.W.: Befragungsmethoden für hypothetische Märkte. Erschienen in: Steierwald, G., Künne, H.D., Vogt, W. (Hrsg.) Stadtverkehrsplanung, Springer, Heidelberg, 2003.
- [AxSa01] Axhausen, K.W., Sammer, G.: Hypothetische Märkte als Befragungsthema. Internationales Verkehrswesen, Jahrgang 53, Heft 6 (2001), S. 274-278.
- [BaBi95] Bamberg, S., Bien, W.: Angebot (des ÖV) nach Wunsch (des MIV-Nutzers). Handlungstheoretische Erklärungsmodelle der individuellen Verkehrsmittelwahl als Basis für nachfrageorientiertes ÖV-Marketing. Internationales Verkehrswesen, Jahrgang 47, Heft 3, S. 108-115, 1995.
- [BaDe02] Barth, S., Dennig, D.: Genehmigung Alternativer Bedienungsformen nach dem Personenbeförderungsgesetz (PBefG). Ausschreibung und Modellierung von Alternativen Bedienungsformen in Form von Teilnetzen unter Integration traditioneller Linienverkehre (PNV Region - Projekt Amabile), Arbeitspapier 3, Rechtsanwaltsozietät Abel-Lorenz Barth Baumeister Griem, Bremen, 2002.
- [BaEr87] Backhaus, K., Erichson, W., Plinke et al.: Multivariate Analysenmethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung. 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York London Paris Tokyo 1987.
- [BaSc94] Bamberg, S., Schmidt, P.: Auto oder Fahrrad? Empirischer Test einer Handlungstheorie zur Erklärung der Verkehrsmittelwahl. Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie, Jg. 46, Heft 1, S. 80-102, 1994.
- [BaSc03] Bamberg, S., Ajzen, I., Schmidt, P.: Choice of Travel Mode in the Theory of Planned Behavior: The Roles of Past Behavior, Habit, and Reasoned Action. Basic and applied social psychology, 25(3), pp. 175-187, 2003.
- [BeBr05] Beynen de Hoog, P.L. van, Brookhuis, K.: Winkelen en vervoerwijzekeuze: een data-analyse. Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, S. 209-228, 2005.
- [BeBu03] Berndt, F., Blümel, H.: ÖPNV quo vadis? Aufforderung zu verkehrspolitisch Weichenstellungen im ÖPNV. Discussion Paper SPIII 2003-106, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, 2003.
- [Beck01] Beckmann, K. J.: Verkehrstechnische Effekte kollektiver und individueller Zielführung. Bericht zum Forschungs- und Entwicklungsvorhaben 03.315/1998/IGB des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Leitstrategien individueller und kollektiver Zielführung in verkehrstechnischen Steuerungsfragen, hrsg. vom Bundesminister für Verkehr, Abt. Straßenbau, Bonn-Bad Godesberg, 2001.
- [BeLe85] Ben-Akiva, M. E.; Lerman, S. R.: Discrete Choice Analysis. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1985.

- [BeMe99] van Berkum, E. C. ,van der Mede, P. H. J.: Driver Information and the (De)formation of Habit in Route Choice. Behavioural and Network Impacts of Driver Information Systems, R. Emmerink and P. Nijkamp, eds., Ashgate, pp. 155-179, 1999.
- [Beyn03] Beynen de Hoog, P.L. van: Vervoerwijzekeuze en reisinformatie: De mental map als instrument om keuzegedrag van vervoerwijze te analyseren. Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk, S. 1613-1628, 2003.
- [Bobi01] Bobinger, R.: Modellierung der Verkehrsnachfrage bei preispolitischen Maßnahmen. Dissertation, Fachgebiet Verkehrstechnik und Verkehrsplanung, Technische Universität München, 2001.
- [BoDö02] Bortz, J.; Döring, N.: Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaftler. 3. Auflage. Springer Verlag, Berlin et al., 2002.
- [BoHe04] Böhler, S., Dalkmann, H., Bernhardt, P., Hegel, D.: Innovative ÖPNV-Angebote im ländlichen Raum – Good Practices aus europäischen Nachbarstaaten. Dokumentation des Workshops im November 2003, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt Energie GmbH, Januar 2004.
- [Bolt02] Boltze, M. et al.: Grundlagen für die Beeinflussung des individuellen Verkehrsmittelwahlverhaltens durch Direktmarketing. Fachgebiet Technologiemanagement und Marketing, Technische Universität Darmstadt, Schlussbericht, 2002.
- [BoPa90] Bonsall, P., Parry, T.: A Computer Simulation Game to Determine Drivers' Reactions to Route Guidance Advice. Proceedings of the 18th Planning and Transport Research and Computation (International) Co. Summer Annual Meeting, London, pp. 113-124, 1990.
- [BoPe06] Borrmann, M., Peistrup, M.: Leere öffentliche Kassen – Wie geht es weiter mit dem ÖPNV? Der Nahverkehr, Heft 11, S. 19-26, 2006.
- [BrBe87] Bratley, P., Fox, B., Schrage, L.: A Guide to Simulation – Second Edition. Springer Verlag, New York, Berlin u. a. 1987.
- [BVBS06] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Leitfaden für die Planung und Nutzung der Telematik für kommunale Planungsträger zur Verbesserung der Verkehrsbedingungen in Städten, Gemeinden und Landkreisen. Forschungsprogramm Stadtverkehr, FE 70.708, Oktober 2006.
- [ChMa93] Chen, P. S.-T., Mahmassani, H.S.: Dynamic Interactive Simulator for Studying Commuter Behavior Under Real-Time Traffic Information Supply Strategies." Transportation Research Record, 1413, pp. 12-21, 1993.
- [ChMa99] Chen, P. S.-T., Mahmassani, H.S.: Dynamics of Urban Commuter Behavior Under Real-Time Traffic Information. SWUTC/99/472840-00066-1, Center for transportation Research, University of Texas, Austin, 1999.
- [ChSo03] Chlond, B., Beckmann, K.J., Huber, F., Sommer, C.: Verkehrliche Konsequenzen des demografischen Wandels. Straßenverkehrstechnik, Heft 10, S. 602-607, 2006.
- [ChWi03] Chlond, B., Wittowsky, D.: Abschätzung der Marktpotenziale einer Seniorenkarte innerhalb des DING-Verbundgebietes. Schlussbericht für die Donau-Iller-Nahverkehrsgesellschaft, 2003.

- [Davi93] Davis, F. D.: User Acceptance of Information Technology: System Characteristics, User Perceptions and Behavioral Impacts, *International Journal of Man-Machine Studies*, 38, pp. 475-487, 1993.
- [Delp06] Lasch, R. et al.: ÖPNV-Markt der Zukunft – Entwicklungen bis zum Jahre 2015. Delphi Studie im Auftrag des Deutschen Verkehrsforums. Technische Universität Dresden, 2006.
- [Diek00] Diekmann, A.: Empirische Sozialforschung. Grundlagen, Methoden, Anwendungen. 6. Aufl., Rowohlt, Reinbeck 2000.
- [Difu04] Deutsche Institut für Urbanistik: Management des ÖPNV unter Wettbewerbsbedingungen – Ergebnisse des Managements-Planspiels aus dem Raum Berlin, Beiträge zur Stadtentwicklung, 2006.
- [Dreh03] Dreher, F.: Wie spontan sind Verkehrsteilnehmer? – Analyse von geplantem und realisiertem Mobilitätsverhalten. Diplomarbeit am Instituts für Verkehrswesen Universität Karlsruhe (TH), 2003.
- [Dzie04] Dziekan, K.: Customer perceptions and behavioural response to IT-based public transportation information – Literature review and what the experts say. Stockholm, Royal Institute of Technology Stockholm, 2004.
- [Dzie05] Dziekan, K.: Spielen IT-Anwendungen im ÖNV überhaupt eine Rolle für den Kunden? *Internationales Verkehrswesen*, Jahrgang 57, Heft 12, S. 566-567, 2005.
- [Eber05] Eberhard, O.: Wirkungsanalyse individuell-dynamischer Zielführungssysteme im Straßenverkehr. Dissertation, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen Universität Karlsruhe (TH), Heft 61/05, Karlsruhe 2005.
- [EMVE05] Berger, M. et al.: EMVEM - Evaluierungsmethoden verkehrstelematischer Maßnahmen Grundlagenstudie. Endbericht, I2-Intelligente Infrastruktur, Initiative des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie, Graz, November 2005.
- [FaBe95] Falk, M., Becker, R., Marohn, F.: Angewandte Statistik mit SAS – Eine Einführung. Springer Verlag, Berlin u. a. 1995.
- [FGSV96] FGSV: Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen mit Methoden der Stated Preferences. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, FGSV-Verlag, 1996.
- [FGSV04] FGSV: Hinweise zu Methoden computergestützter Erhebungen zum individuellen Verkehrsverhalten. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Köln, FGSV-Verlag, 2004.
- [Fich05] Fichert, F.: Wie mobil ist eine alternde Gesellschaft? Entwicklungstendenzen der Verkehrsnachfrage im demografischen Wandel. Vortrag auf dem Busworkshop, Karlsruhe, November 2005.
- [Fich07] Fichert, F.: Flexible ÖPNV-Angebote als eine Antwort auf den demographischen Wandel und die zunehmende Individualisierung. Hochschule Heilbronn, Fakultät Wirtschaft und Verkehr, Dokumentation 3. ÖPNV-Innovationskongress Freiburg, März 2007.

- [FiAj75] Fishbein, M., Ajzen, I.: Belief, Attitude, Intention and Behavior: An Introduction to Theory and Research, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1975.
- [Fops05] Beckmann, K.J., Zumkeller, D. et al. : Bestimmung multmodaler Personengruppen. Forschungsprogramm Stadtverkehr 2003, Projekt FE 70.724 – Projektliste 2003, Juni 2005.
- [Fops06] Mobilität 2050 - Szenarien der Mobilitätsentwicklung unter Berücksichtigung von Siedlungsstrukturen bis 2050. Deutsches Institut für Urbanistik, Traffic and Mobility Planning GmbH, Institut für Wirtschaftsforschung Halle, TU Dresden und Omniphon GmbH, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, 2006.
- [Fran00] Franzen, J.: ÖPNV-Fahrgastinformationen im Internet. Magisterarbeit, Selbstverlag fahrgastinfo.de, Vettweiß-Kelz, 2000.
- [FrLe04] Franken, V., Lenz, B.: Nutzeranforderungen an Verkehrsinformationsdienste als Grundlage für technologische Entwicklungen. IMA, 2. Braunschweiger Symposium, 2004.
- [FrLu05] Franken, V., Luley, T.: Verkehrstelematik und Analysen zu ihrer Akzeptanz: Sachstand – Defizite – Potenziale. Erschienen in: HEUREKA 05, Optimierung in Verkehr Transport, S. 71-89, FGSV-Verlag, 2005.
- [Funk06] Funke, T.: Entwicklung von Verkehrsmittelwahlmodellen für komplexe Mitfahrverkehre. Dissertation, Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Universität Stuttgart, 2006.
- [GäFu00] Gärling, T., Boe, O., Fujii, S.: Empirical Tests of a Model of Automobile Choice Incorporating Attitude, Habit, and Script. Paper presented at 9th IATBR Travel Behavior Conference, Australia, July 2000.
- [GiHo03] Gil-Moltó, M.J., Hole, A.R.: Tests for the consistency of three-level nested logit models with utility maximization. Department of Economics, University of St Andrews, December 2003.
- [Hahn99] Hahn, W.: Das Verkehrsverhalten im ländlichen Raum am Beispiel Angelburgs und Steffenbergs im Landkreis Marburg-Biedenkopf unter Verwendung eines sozialpsychologischen Verkehrsmittelwahlmodells. Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jahrgang 70, Nr. 3, S. 178-205, 1999.
- [Hatc94] Hatcher, L.: A step-by-step approach to using SAS for factor analysis and structural equation modeling. Cary NC, SAS Institute Inc., 2003.
- [Heck97] Hecker, F.: Die Akzeptanz und Durchsetzung von Systemtechnologien – Marktbearbeitung und Diffusion am Beispiel der Verkehrstelematik. Dissertation, Fakultät für Rechts- und Wirtschaftswissenschaften, Universität Saabrücken, 1997.
- [HeHo03] Hermann, A., Hoyer, A.: Personalisierte Fahrgastinformation für Pendler mit PIEPSER – von der Idee zur Realität, Stadt Region Land, Heft 75, Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr, ISBN 3-88354-140-0, RWTH Aachen, 2003.
- [HeKI96] Herriges, J.A., Kling, C.L.: Testing the consistency of nested logit models with utility maximization. Department of Economics, Iowa State University, Economics Letters 50, pp. 33-39, 1996.

- [HeKo94] Heinze, F., Koepchen, B.: Informationsbedürfnisse im Öffentlichen Verkehr – Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben INFORM 2001 des BMFT. Verkehr und Technik, Heft 8, S. 314-317, 1994.
- [HeNi06] Heine-Nims, T.: Einbeziehung kurzfristiger Verhaltensänderungen bei der Modellierung der Verkehrsnachfrage. Schriftenreihe Institut für Verkehrswesen, Heft 63, Universität Karlsruhe (TH), 2006.
- [Henn06] Henninger, T.: Integration von Telematiksystemen im Forschungsprojekt RUDY. Schlussbericht, Förderkennzeichen 19 P 1085A bis F, H bis M und 19 P 3052, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Ulm 2006.
- [Horx06] Horx, M.: Zukunftsinstitut Horx GmbH, Wien. Im Internet unter URL: <http://www.horx.com>, Oktober 2006.
- [Hube05] Huber, F.: Demografischer Wandel: Konsequenzen für den Nahverkehr. Vortrag auf den 9. Kassler Nahverkehrstagen, Kassel, November 2005.
- [HuBu03] Hubona, G.S., Burton-Jones, A.: Modeling the User Acceptance of E-Mail. Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences, 2003.
- [ifmo05] Zukunft der Mobilität – Szenarien für das Jahr 2025 – Erste Fortschreibung. Institut für Mobilitätsforschung (ifmo), 2005.
- [ifV07] Institut für Verkehrswesen: Das Deutsche Mobilitätspanel (MOP), Institut für Verkehrswesen, Universität Karlsruhe (TH), im Internet unter URL: <http://mobilitaetspanel.ifv.uni-karlsruhe.de>, 2007.
- [Jone01] Jones, P.: Stated Preference. Problems and Potentials. Erschienen in: Kutter, E., Timmermans, H.J.P., Jones, P.M.(Hrsg.): Expertisen für das Projekt Mobiplan, Arbeitspapier Forschung F11, Institut für Stadtbauwesen, RWTH Aachen, S. 46-56, 2001
- [Kabj02] Kabjörn, A.: Effects of real time information in Gothenburg. Evaluation of a presentation system for real-time information to public transport users. City of Göteborg, Traffic & Public Transport Authority, Gothenburg, 2002.
- [Kabj03] Kabjörn, A.: Das GoTiC-Projekt: Erfahrungen aus dem Echtzeitinformationssystem in Göteborg. Erschienen in: DVWG: Echtzeitinformationen & Mobiles Ticketing durch portable Verkehrstelematik: Erfahrungen und Innovationspotenziale. Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e.V., B 265, Dresden 2003.
- [KäKe02] Kämpf, K., Keller, H.: Wirkungspotenziale der Verkehrstelematik zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur- und Verkehrsmittelnutzung. Straßenverkehrstechnik, Heft 11, S. 609-612, 2002.
- [KeKo04] Kettner, G., Kohnke, P., Schumacher, W., Waldheim, T.: Attraktiver Busverkehr durch aktuelle Fahrgastinformationen. Der Nahverkehr, Heft 4, S. 58-62, 2004.
- [KeLy03] Kenyon, S., Lyons, G.: The Value of Integrated Multimodal Information and its Potential Contribution to Modal Change. Transportation Research Part F – Traffic Psychology and Behaviour, 5(4), pp. 267-287, 2003.

- [Keuc94] Keuchel, S.: Wirkungsanalyse von Maßnahmen zur Beeinflussbarkeit des Verkehrsmittelwahlverhaltens. Eine empirische Untersuchung am Beispiel des Berufsverkehrs der Stadt Münster/Westfalen. Beiträge aus d. Inst. f. Verkehrswissenschaft an der Universität Münster, Heft 131, Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen 1994.
- [KeNe02] Keller, H., Neuherz, M.: Das Projekt Bayerninfo. Projektbewertung, Technische Universität München Fachgebiet Verkehrsplanung und Verkehrstechnik, München 2002.
- [KePo01] Keller, H., Pischner, T., Pollesch, P.: Straßenverkehr – Telematik + E-Commerce - Structural set-up assessment of the BayernInfo traffic information network. Internationales Verkehrswesen: Jahrgang 53, Heft. 7-8, S. 351-356, 2001.
- [KhBe96] Khattak, A., Polydoropoulou, A., Ben-Akiva, M.: Modeling Revealed and Stated Pretrip Travel Response to Advanced Traveler Information Systems. Transportation Research Record 1537, TRB, National Research Council, Washington, D.C., 1996.
- [KhYi99] Khattak, A. J., Y. Yim, et al.: Does Travel Information Influence Commuter and Noncommuter Behavior? Results from the San Francisco Bay Area TravInfo Project. Transportation Research Record 1694, 1999.
- [Kirch83] Kirchhoff, P.: Ausweitung des Omnibuslinienbetriebs durch flexible Betriebsweisen. Der Nahverkehr, Heft 2, S. 34-40, 1983.
- [Klass01] Klassen, N.: Einfluss der Information auf die individuelle Freizeitmobilität. Veröffentlichung des Fachgebietes Verkehrstechnik und Verkehrsplanung, Univ. Prof. Dr./UCB Hartmut Keller, Technische Universität München, 2001.
- [Klod04] Klodner, H.: Fahrgastinformation, Infotainment und Fahrgast-TV. Vortrag auf der CNA-Veranstaltung, 2004.
- [KIHe95] Kling, C.L., Herriges, J.A.: An Empirical Investigation of the Consistency of Nested Logit Models with Utility Maximization. American Agricultural Economics Association, 77, pp. 875-884, November 1995.
- [Knap98a] Knapp, F. D.: Determinanten der Verkehrsmittelwahl. Abhandlungen zur Nationalökonomie, Band 10, Duncker & Humblot, Berlin, 1998.
- [Knap98b] Knapp, F.D.: Möglichkeiten und Grenzen von Verfahren der direkten Nutzenmessung. Internationales Verkehrswesen, 50, Heft 5 (1998), S. 186-190.
- [KoAp06] Köhler, U., Appel, L.: Zukunft des ÖPNV auf dem Land. Der Nahverkehr, Heft 5, S. 70-76, 2006.
- [KrGr01] Kraus, T., Harder, R., Brannolte, U., Griesbach, W.: MOBILITY – eine pädagogische Simulation. Entwicklung eines mobilitätsbezogenen Wirkungsmodells zur Integration in das Verkehrssimulationsspiel MOBILITY.: In: Bundesministerium für Bildung und Forschung: Dokumentation zum BMBF-Workshop Methoden der interdisziplinären Verkehrsforschung, Bonn, 2001.
- [Kutt03] Kutter, E.: Modellierung für die Verkehrsplanung. Theoretische, empirische und planungspraktische Rahmenbedingungen. Technische Universität Hamburg-Harburg, Arbeitsbereich Verkehrssysteme und Logistik, ECTL Working Paper 21, 2003.

- [LaBo01] Lappin, J., Bottom, J.: Understanding and Predicting Traveler Response to Information: A Literature Review. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Metropolitan Planning and Programs, Washington, D.C., December 2001.
- [LeGo96] Lee-Gosselin, M.: Scope and Potential of Interactive Stated Response Data Collection Methods. Transportation Research Board Conference Proceedings 10, pp. 115-133, National Academy Press, Washington D.C., 1996.
- [LeKu01] Lehtonen, M., R. Kulmala: The benefits of a pilot implementation of public transport signal priorities and real-time passenger information. Inform Norden International Conference IT in Public Transportation, Tampere, 2001.
- [LiMa98] Liu, Y.H., Mahmassani, H.: Dynamic Aspects of Departure Time and Route Decision Behavior Under Advanced Traveler Information Systems (ATIS): Modeling Framework and Experimental Results. Presented at the 77th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January 1998.
- [LoSw00] Louviere, J.J., Hensher, D. A., Swatt, J. D. Stated Choice Methods. Analysis and Application. Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- [LyDu01] Lyons, G., Harman, R., Austin, J., Duff, J.: Traveller Information Systems Research: A Review and Recommendations for Transport Direct. Final Report, August 2001.
- [Lyon98] Lyons, G.: Are Advanced Traveller Information Systems The Answer To Providing Advanced Traveller Information? Transportation Research Group, University of Southampton, UK, 1998.
- [Lyon03] Lyons, G.: Informing Travellers in the 21st Century. 3D Perspectives, Vol. 3 – Transport, March, pp. 25-28, Faculty of Building, 2003.
- [Mark08] Im Internet unter Url: <http://de.mimi.hu/marketing/bias.html>.
- [Mats05] Matschke, I.: Einfluss von Reisezeitinformationen auf das Verkehrsgeschehen in städtischen Straßennetzen. Erschienen in: Tagungsbericht Heureka '05: Optimierung in Transport und Verkehr, Karlsruhe, S. 105-121, 2005.
- [MaWi07] Manz, W., Wittowsky, D.: Fernpendeln – mit welchem Verkehrsmittel? Eine Fallstudie aus der Region Frankfurt/RheinMain zur Situation und Reagibilität in der Verkehrsmittelnutzung. Internationales Verkehrswesen, Heft 59, S. 400-403, September 2007.
- [McFa00] McFadden, D.: Disaggregate Behavioral Travel Demands RUM Side: A 30-Year Retrospective. Resource Paper Department of Economics, University of California, Berkeley, 2000.
- [MeBr03] Meffert, H., Bruhn, M.: Dienstleistungsmarketing. Grundlagen – Konzepte – Methoden. 4. Auflage, Gabler Verlag. 2003.
- [Mehl01] Mehler, C.: Die Einführung des Anrufbusses im ÖPNV - Praxiserfahrungen und Handlungsempfehlungen. Schriftenreihe für Verkehr und Technik, Band 91, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co , Bielefeld, 2001.
- [Mien06] Mienert, M.: U-Bahn-Fahren ist nicht identitätsstiftend. Interview von Ulrich Schuster in der taz, 7. Juli 2006.

- [Mock94] Mock-Hecker: Wissensbasierte Erkennung kritischer Verkehrssituationen – Erkennung von Plankonflikten, Fortschritt-Berichte VDI, VDI Verlag 1994.
- [Møll03] Møller, B.: Travel mode choice as habitual behaviour: A review of the literature. Aarhus School of Business, Aarhus 2003.
- [MoCh03] Molin, E., Chours, C.: Influence of a Personal Intelligent Travel Assistant (PITA) on a traveller's modal choice-behaviour. Faculty of Technology, Policy and Management, Delft, 2003.
- [MoCh04] Molin, E., Chours, C.: Willingness to pay for personalized dynamic public transport information service. Presentation at the 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, January 2004.
- [MoTi02] Molin, E., Timmermans, H.J.P.: Travellers' Stated Choice for Public Transport Information Systems on the Internet. Presentation at the 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC, January 2002.
- [MVU96] Ministerium für Umwelt und Verkehr: Telematik im Verkehr – Regionales Verkehrsmanagement Stuttgart: das STORM-Projekt, Verkehrswissenschaftliche Bewertung, Schriftenreihe der Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg, Heft 7, 1996.
- [NeSc00] Neuherz, M., Patz, V., Schroeder, R.: Akzeptanz innovativer Verkehrsinformationssysteme – Empirische Ergebnisse aus dem Projekt Bayerninfo. Internationales Verkehrswesen, Jahrgang 52, Heft 10, S. 442-444, 2000.
- [NoPe95] Noelle-Neumann, E., Petersen, T.: Alle, nicht jeder – Einführung in die Methoden der Demoskopie. 2. Auflage, dtv, 1995.
- [Oket01] Oketch, T.: A Model for heterogeneous Traffic Flows including Non-Motorized Vehicles, Schriftenreihe Institut für Verkehrswesen, Heft 59, Universität Karlsruhe (TH), 2001.
- [OrVr03] Orzechowski, M.A., Timmermans, H.J.P., de Vries, B.: Measuring user satisfaction on design variations through Virtual Reality. Eindhoven University of Technology, Faculty of Architecture, Building and Planning, Design Systems, 2003.
- [OrWi90] Ortúzar, J., Willumsen, L.: Modelling Transport. John Wiley & Sons Ltd, Chichester et al., 1990.
- [PePe98] Petz, P.: Verkehrsmittelwahl im Stadtbereich und ihre Beeinflussbarkeit – Eine verkehrsgeographische Analyse am Beispiel von Kiel und Lüneburg. Kieler Geographische Schriften, Geographisches Institut der Universität Kiel, Band 95, Kiel 1998.
- [PeÖz02] Pearce, D., Özdemiroglu, E., et al.: Economic Valuation with Stated Preference Techniques – Summary Guide. Department for Transport, Local Government and the Regions, London, March 2002.
- [Picc02] Picco, A.: Public Transport and use of ITS – State-of-the-art analysis. Working Paper 5, Voyager, 2002.
- [PNVR04] Personennahverkehr für die Region – Innovationen für eine nachhaltige Mobilität. Projektinformationsbroschüre, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Bonn Berlin, 2004.

- [PoJo93] Polak, J., Jones, P.: The acquisition of pre-trip information: A stated preference approach. *Transportation*, Heft 20, pp. 179-198. 1993.
- [Poly97] Polydoropoulou, A.: Modeling User Response to Advanced Traveler Information Systems (ATIS). Ph.D. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1997.
- [PrHo00] Priewasser, H., Höfler, L.: Mit Strategien Kunden gewinnen. Erfolgspotenziale von Soft Polices im ÖPNV. *Der Nahverkehr*, Heft 3, S. 22-26, 2000.
- [Psyc08] Im Internet unter Url: <http://www.psychonomics.de>.
- [Rade03] Rademacher, J.F.: Zukunft der Mobilität. Vortrag „ÖPNV im Jahre 2025“ anlässlich des Innovationskongress ÖPNV des Landes Baden-Württemberg. Freiburg, 2003.
- [Reke94] Rekersbrink, A.: Verkehrsflusssimulation mit Hilfe der Fuzzy-Logik und einem Konzept potenzieller Kollisionszeiten, Schriftenreihe Institut für Verkehrswesen, Heft 51, Universität Karlsruhe (TH), 1994.
- [RiMe95] Richardson, A.J., Ampt, E.S., Meyburg, A.: *Survey Methods for Transport Planning*. Eucalyptus Press, Melbourne 1995.
- [Rode00] Rode, S.: Erfahrungen mit flexiblen Bedienweisen im ÖPNV während der Nachtstunden. Tagungsband, Forschungsbericht aus dem Fachbereich Bauwesen, Heft 88, Universität Duisburg-Essen, 2000.
- [RoGr05] Röschel, G., Gruber, C.: OPTI-INFO – Optimierung von Verkehrs- und Reiseinformations-Systemen zur Veränderung des Verkehrsverhaltens. Erschienen in BMVIT (Hrsg.): EMVEM-Endbericht-Anlagenband, S. 95-103, Graz 2005.
- [Romm06] Rommerskirchen, S.: Bedeutung des ÖPNV. VDV-Kampagne „Damit Deutschland mobil bleibt“. Basel, September 2006.
- [Rudy06a] Chlond, B., Ottmann, P., Schnittger, S., Wittowsky, D., Zumkeller, D.: Forschungsprojekt RUDY – Regionale unternehmensübergreifende Dynamisierung von Fahrplaninformationen, Buchung und Betrieb im ÖPNV, Schlussbericht zu den Beiträgen des Instituts für Verkehrswesen, Förderkennzeichen 19P1085M, Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2006.
- [Rudy06b] Heine-Nims, T., Wittowsky, D.: Datenerhebung zur Erklärung störungsbedingten Entscheidungsfindungen von Verkehrsteilnehmern. Projektbericht RUDY – Regionale unternehmensübergreifende Dynamisierung von Fahrplaninformationen, Buchung und Betrieb im ÖPNV. Anhang im Schlussbericht zu den Beiträgen des Instituts für Verkehrswesen, Förderkennzeichen 19P1085M, Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2006.
- [Satt06] Sattler, H.: Methoden zur Messung von Präferenzen für Innovationen. *Research Papers on Marketing and Retailing*, University of Hamburg, No 032, February 2006.
- [SaNi01] Sattler, N., Nitschke, T.: Ein empirischer Vergleich von Instrumenten zur Erhebung von Zahlungsbereitschaften. *Research Paper on Marketing and Retailing*, University of Hamburg, October 2001.

- [SeSc02] Selten, R., Schreckenberg, M., Pitz, T., Chmura, T., Kube, S.: Experiments and Simulations on Day-to-Day Route Choice-Behaviour. Bonn Econ Discussion Papers, Discussion Paper 35/2002, Graduate School of Economics Department of Economics, University of Bonn, November 2002.
- [Shel04] Shell: Flexibilität bestimmt Motorisierung. Szenarien des Pkw-Bestands und der Neuzulassungen in Deutschland bis zum Jahr 2030. Hamburg, 2004.
- [Scha05] Schade, J.: Akzeptanz von Straßenbenutzungsgebühren – Entwicklung und Überprüfung eines Modells. PABST SCIENCE PUBLISHERS, Lengerich et al., 2005.
- [Schm84] Schmiedel, R.: Bestimmung verhaltensähnlicher Personenkreise für die Verkehrsplanung. Schriftenreihe des Instituts für Städtebau und Landesplanung der Universität Karlsruhe (TH), Band 18, 1984.
- [Schm02] Schmier, K.J.: Intelligent Transportation Systems. Testimony of Mr. Schmier, U.S House of Representatives, Committee on Transportation & Infrastructure, Subcommittee on Highways and Transit, September 2002.
- [Schm04] Schmidt, P.: Echtzeit – Fahrgastinformationssysteme: Situation, Chancen und Möglichkeiten. Diplomarbeit am Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen, Universität Karlsruhe, 2004.
- [ScLo97] Schnabel, W., Lohse, D.: Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, Band 2, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1997.
- [Schn91] Schnittger, S.: Einfluss von Sicherheitsanforderungen auf die Leistungsfähigkeit von Schnellstraßen. Schriftenreihe Institut für Verkehrswesen, Heft 45, Universität Karlsruhe (TH), 1991.
- [Schn05] Schnittger, S.: Simulation von Telematikwirkungen – der mobiTopp-Ansatz. Erschienen in BMVIT (Hrsg.): EMVEM-Endbericht-Anlagenband, S. 59-70, Graz 2005.
- [Schw95] Schwarzmann, R.: Der Einfluss von Nutzerinformationssystemen auf die Verkehrsnachfrage. Schriftenreihe Institut für Verkehrswesen, Heft 54, Universität Karlsruhe (TH), 1995.
- [ScWi02] Schnittger, S., Wittowsky, D.: mobiTopp – ein verhaltensorientiertes Verkehrsplanungsinstrumentarium. Tagungsband Heureka'02 Optimierung in Verkehr und Transport, FGSV Verlag GmbH, Köln, 2002.
- [ScZu06] Schnittger, S., Zumkeller, D.: mobiTopp – ein längsschnittorientiertes Mikrosimulationsmodell zur Abschätzung künftiger Verkehrsentwicklungen bei alternativen Raumentwicklungen. Beitrag präsentiert auf der Amus Konferenz 2006, 7. u. 8. September 2006.
- [Sieb02] Sieber, N.: Alternative Bedienungsformen in der Praxis – Eine Literaturstudie über Wirtschaftlichkeit und Problemlagen. Ausschreibung und Modellierung von Alternativen Bedienungsformen in Form von Teilnetzen unter Integration traditioneller Linienverkehre (PNV Region - Projekt Amabile), Arbeitspapier 2, PTV AG, Karlsruhe, 2002.
- [SNV83] Studiengesellschaft Nahverkehr (SNV): Entwicklung und Erprobung eines Automatischen Fahrplaninformations- und Auskunftssystems für den Verkehrsraum des Hamburger Verkehrsverbundes, Hamburg, 1983.

- [SoWi07] Methodenlexikon sowi-online: Im Internet unter URL: <http://www.sowi-online.de/methoden/lexikon/planspiel-boettger.htm>, 2007.
- [SrMa01] K. K., Srinivasan, H., Mahmassani, S.: Trip time Perception and Judgment Processes in Tripmaker Decisions under Real-time Traffic Information. Presentation at the 81st Annual Meeting of the Transportation Research Board July 2001.
- [Srnk02] Srnka, K. J.: Käuferverhalten, Forschungsbericht, Universität St. Gallen (IMH), August 2002.
- [Stein01] Steinauer, B. et al.: Weiterentwicklung von Modellen zur Alternativroutensteuerung unter besonderer Berücksichtigung vermaschter Netze. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 817, 2001.
- [Teic01] Teichert, T.: Nutzenschätzung in Conjoint-Analysen. Theoretische Fundierung und empirische Aussagekraft. Neue betriebswirtschaftliche Forschung, Band 282, 1. Aufl. dt. Univ.-Verl., Wiesbaden, Gabler 2001.
- [Tiet02] Tietenberg, T.: Environmental and Natural Resource Economics. Addison Wesley, 6. Auflage, 2002.
- [Topp06] Topp, H.: Perspektiven des Nahverkehrs in einer wachsenden Metropolregion. Der Nahverkehr, Heft 1-2, S. 21-26, 2006.
- [Topp06a] Topp, H. Wie geht es weiter mit dem ÖPNV? Der Nahverkehr, Heft 4, S. 7-14, 2006.
- [Trai03] Train, K.: Discrete Choice Methods with Simulation, University Press Cambridge, 2003.
- [Somm05] Sommer, C.: ÖPNV in einer alternden Gesellschaft. Der Nahverkehr, Heft 4, S. 14-19, 2005.
- [StKü94] Steierwald, G.; Künne, H.-D., Vogt, W. (Hrsg.): Stadtverkehrsplanung: Grundlagen, Methoden, Ziele. Springer-Verlag, Berlin, 1994.
- [VDV93] VDV/SOCIALDATA GmbH: Chancen für Busse und Bahnen, 1993.
- [VDV01] Girnau, G. et al.: Telematik im ÖPNV in Deutschland. Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, Alba Fachverlag GmbH + Co. KG, Düsseldorf, 2001.
- [VeAa99] Verplanken, B., Aarts, H.: Habit, attitude and planned behaviour: Is habit an empty construct or an interesting case of goal-directed automatic? European Review of Social Psychology, 10, pp. 101-134, 1999.
- [Verr86] Verron, H.: Verkehrsmittelwahl als Reaktion auf ein Angebot. Ein Beitrag der Psychologie zur Verkehrsplanung. Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrswesen, Technische Universität Berlin, 1986.
- [Voya05] Eine Vision für den ÖPNV im Jahre 2020. Schlussbericht der Voyager Expertengruppe. Ergebnisse und Bericht im Internet unter <http://www.voyager-network.org> oder <http://www.uitp.com>, 2005.
- [VrAx02] Vrtic M., Axhausen, K.W.: Modelle der Verkehrsmittelwahl aus RP- und SP-Datengrundlage. Heureka '02, S. 293-303, FGSV-Verlag, Köln, 2002.
- [WaBe99] Walker, J., Polydoropoulou, A., Bernardino, A.T., et al.: Integration of Choice and Latent Variable Models. Massachusetts Institute of Technology, 1999.

- [Walk01] Walker, J.L.: Extended Discrete Choice Models – Integrated Framework, Flexible Error Structures, and Latent Variables. PhD, Department of Civil and Environmental Engineering, Institute of Technology, Massachusetts February 2001.
- [Waßm01] Waßmuth, V.: Modellierung der Wirkungen verkehrsreduzierender Siedlungskonzepte. Schriftenreihe Institut für Verkehrswesen, Heft 60, Universität Karlsruhe (TH), 2001.
- [WeLu06] Weidmann, U., Lüthi, M.: Die Fahrplanabhängigkeit der Fahrgastankunft an Haltestellen. Der Nahverkehr, S. 16-19, Jahrgang 12, 2006.
- [WiBe03] Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen: Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes von Telematik im Verkehr-Stellungnahme vom Juli 2003, Internationales Verkehrswesen, Jg. 44, Heft 12, 2003.
- [Wied91] Wiedemann, R.: Skriptum zur Vorlesung Simulationstechnik. Institut für Verkehrswesen, Universität Karlsruhe (TH), 1991.
- [Wiki08] Wikipedia.org, freie Online-Enzyklopädie zu diversen Themenbereichen, im Internet unter URL: <http://de.wikipedia.org>.
- [WiSo01] Wittenberg, R.: Einführung in die sozialwissenschaftlichen Methoden und ihre Anwendung in empirischen Untersuchungen I. Skript zur gleichnamigen Vorlesung und Übung sowie zum Tutorium, 2. überarbeitete, ergänzte und aktualisierte Auflage, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Arbeits- und Diskussionspapiere des Lehrstuhls für Soziologie, November 2001.
- [Witt03] Wittowsky, D., Heine-Nims, T., Schnitter, S.: Messung von Verhaltensänderungen für die Abschätzung von Wirkungspotenzialen für neue Telematikanwendungen und Dienstleistungen im ÖPNV, Stadt Region Land, Heft 75, Institut für Stadtbauwesen und Stadtverkehr, ISBN 3-88354-140-0, RWTH Aachen, 2003.
- [WiSg08] Wittowsky, D., Schnittger, S.: Wie beeinflussen innovative Informationstechnologien das Mobilitätsverhalten im öffentlichen Personennahverkehr? Straßenverkehrstechnik, Heft 11, Seite 684-692, 2008.
- [Zell96] Zeller, M.: Planerkennung im Straßenverkehr, Fortschritt-Berichte VDI, VDI Verlag 1996.
- [Zilk01] Zilker, M.: Automatisierung unscharfer Bewertungsverfahren – Modellierung und prototypische Umsetzung am Beispiel von Virtual Reality Projekten. Dissertation, Fakultät Wirtschaftswissenschaften der Technischen Universität Dresden, 2001.
- [Zumk98] Zumkeller, D.: Verhaltensmodelle in den Verkehrswissenschaften. Erschienen in: Verhaltensänderungen im Verkehr: Restriktionen versus Soft-Polices. Akademie für Technikfolgenabschätzung, S. 13-42, Stuttgart 1998.
- [Zumk04] Zumkeller, D.: Stagniert die Nachfrage im Personenverkehr? Vortrag beim DVWG-Workshop Demografischer Wandel, Kaiserslautern, Oktober 2006.
- [ZuVa06] Zumkeller, D., Vallée, D.: Die Zukunft wird unzuverlässiger – Renaissance der Planung angesichts des demografischen Wandels? Straßenverkehrstechnik, Heft 11. S. 675-664, 2006.

Glossar

Begriff	Kurzbeschreibung
Abonnementverfahren	Definition einer einheitlichen Kommunikationsstruktur für den Datenaustausch über Schnittstellen. Das Konzept folgt dem Client-Server-Modell (Anfrage- und Antwort-Botschaften). Alle fachlichen Dienste (z. B. DFI) setzen auf diese Kommunikationsstruktur auf.
Aktivitätspol	Räumlicher Schwerpunkt der das individuelle Mobilitätsverhalten determiniert. Neben der Wohnung zählt der Arbeits- und Ausbildungsplatz zum Aktivitätspol.
Ausgang	Eine Wegekette, die mit der Aktivität „Wohnen“ sowohl beginnt als auch endet, bezeichnet man als einen Ausgang.
Advanced/Intelligent Traveller Information Systems (ATIS/ITIS)	Informationssysteme zum verkehrsträgerübergreifenden Einsatz. Schnittstellen zwischen Zentralen und Verkehrsteilnehmer werden bereitgestellt, um echtzeitbasierte Informationen mit unterschiedlichen Technologien und Endgeräten abzurufen.
Bias (Verzerrungen)	Bezeichnet man die systematische nichtzufällige Abweichung einer Stichprobe von der zugrunde liegenden Grundgesamtheit bzw. eines Schätzwertes von dem zugrunde liegenden Parameter [Mark08].
ceteris paribus	In der Simulation wird immer nur eine Einflussgröße verändert, während alle anderen konstant gehalten werden. Durch die Veränderung einzelner Parameter kann deren Auswirkung gezielt gemessen werden.
Choice-Set/ Verkehrsmittelmix	Definiert die Art und Anzahl der zur Verfügung stehenden Wahlmöglichkeiten für eine Entscheidungssituation. Z. B. Auswahlatz der Verkehrsmittelalternativen.
Cognitive Engineering	Anwendung von Erkenntnissen und Techniken aus der Kognitionswissenschaft auf die Entwicklung und die Evaluation interaktiver Systeme, um Diskrepanzen zwischen Nutzerparametern und physischen Systemparametern zu überbrücken.
Deutsches Mobilitätspanel (MOP)	Seit 1994 durchgeführtes Mobilitätspanel von Individuen über das Alltagsverhalten im Laufe einer Woche. Das Verhalten derselben Personen wird in mehreren Wellen beobachtet.
Dummyvariable/ Effektkodierung	Dummy- oder Indikatorenvariablen werden verwendet, um qualitative Merkmale in ökonomischen Modellen zu berücksichtigen. Die Variablen besitzen zumeist binäre Ausprägungen.
Dynamische Fahrplaninformation (DFI)	Dienst zum betrieblichen Austausch von Daten für die Fahrgastinformation. Übertragung von Echtzeitinformationen aus dem Blickwinkel von Kunde und Betreiber.
Einstellung	Verfestigte Ansicht über die wahrgenommene Beschaffenheit sowie über den damit subjektiv eingeschätzten Nutzen eines Objektes.

Elektronische Fahrplan- auskunft (EFA)	EFA ist ein Verkehrsinformationssystem, das dem Nutzer hilft seine Fahrt oder Reise zu planen und ihn während der Reise weiterhin informiert und unterstützt.
Emotion	Vorübergehende Empfindungszustände, die durch die bewusste und/oder unbewusste Wahrnehmung und Interpretation einer Situation ausgelöst werden. Gängige Emotionen sind Bedürfnisse nach Sicherheit, Coolness oder Prestige.
Ereignisbedingte Reaktion	Ergebnis eines Entscheidungsprozesses innerhalb des individuellen Entscheidungsspielraums.
Fakultative Aktivitäten	Freiwillig oder optional durchführbare Aktivitäten.
Global Positioning System (GPS)	Satellitengestütztes Navigationssystemen zur metergenauen Positionsbestimmung. Das Grundprinzip der dreidimensionalen Punktbestimmung beruht auf der Entfernungsmessung zwischen dem Satelliten und der Nutzerantenne des Empfängers.
Gumbel-Verteilung	Die Gumbel-Verteilung ist eine stetige Wahrscheinlichkeitsverteilung, die zu den Extremwertverteilungen gehört und die den in einem Zeitraum T zu erwartenden höchsten Messwert liefert.
homo oeconomicus	Theoretisches Modell für einen Akteur, der seinen eigenen Nutzen maximiert und perfekte Informationen über alle Entscheidungsalternativen und ihren relevanten Eigenschaften besitzt.
HyperText Preprocessor (PHP)	PHP ist eine Scriptsprache zur Erstellung dynamischer Websites, die seit 1995 für die Programmierung professionell eingesetzt wird.
Intermodal transport control system (ITCS)	Leit- und Managementsystem im ÖPNV mit einer offenen Schnittstelle für den Datenaustausch innerhalb und zwischen den Systemen verschiedener Unternehmen.
Intrapersonell	Variation des Verhaltens eines Individuums über den betrachteten Zeitraum.
Item	Kleinste Erhebungseinheit oder Frage in einem Test oder Fragebogen.
Itembatterie	Als Itembatterie bezeichnet man eine Zusammenstellung von Aussagen oder Fragen zum selben Gegenstand mit dem gleichen Antwortformat (z. B. über eine Ratingskala), also bspw. eine Reihe von Fragen, die die Einstellung eines Kunden zu einem bestimmten Produkt erfassen [Psyc08].
IT-Systeme	Oberbegriff für die Informations- und Datenverarbeitung sowie für die dafür benötigte Hard- und Software. Bindeglied zwischen der klassischen Elektrotechnik und der Informatik.
IuK-Technologie IuK-Technik	Unter Informations- und Kommunikationstechnologie werden Technologien im Bereich der Information und Kommunikation zusammengefasst. Der zusammenfassende Begriff entstand Anfang der achtziger Jahre, als begonnen wurde, die Fernsprechnetze zu digitalisieren, und sowohl in den digitalen Endgeräten der Netze, als auch in den lokalen und öffentlichen Übertragungsnetzen selbst Informationstechnik zum Einsatz kam.

Kognition	Informationsverarbeitung von Menschen. Strukturen und Prozesse des Wahrnehmens, Erkennens, Denkens und Entscheidens.
Längsschnittanalyse	Verkehrsverhaltensdaten einer Stichprobe, die über einen Zeitraum wie z. B. einer Woche an dem gleichen Objekt erhoben werden.
Likert-Skala	Ratingskala zur Messung von Einstellungen, bei der die numerische Verankerung der jeweiligen Skalenstufen durch eine verbale Verankerung unterstützt wird.
Maximum Likelihood	Statistisches Verfahren zur Schätzung der Parameter einer Verteilung aus Stichprobenwerten. Die Parameter werden so geschätzt, dass die Wahrscheinlichkeit der Stichprobenwerte maximal ist.
Mental map/ Kognitive Landkarte	Vereinfachte Darstellung der Umwelt in Form von landkartenähnlicher Bilder. Aufgrund von individuellen Erfahrungen hat jedes Individuum eine eigene kognitive Landkarte der komplexen Realität. Bei der Verkehrsmittelwahl können z. B. Fahrplaninformationen die Wahrnehmung der Umwelt verändern.
Mikroskopische Simulationsmodelle	Möglichkeit detaillierte Problemstellungen nachzubilden und beantworten zu können, was anhand der Identifikation und Unterscheidung einzelner Verkehrsteilnehmer oder Fahrzeuge möglich wird. Diese können unterschiedliche Eigenschaften besitzen, so dass ein variables, individuenabhängiges Entscheidungsverhalten nachgebildet werden kann.
Mobilität	Maßzahl für Ortsveränderungen einer Person in einem festgelegten Zeitraum (im Verkehrswesen z. B. ein Tag).
Monte-Carlo Simulation	Nennt man das Nachspielen eines Zufallsversuchs mit Zufallsziffern, bei dem die Wahrscheinlichkeit der Ausprägungen nicht oder nur schwer kombinatorisch zu berechnen ist. Mit Hilfe einer Häufigkeitsverteilung erfolgt die Zuordnung der simulierten Ereignisse.
Mono-, Multi- und Intermodalität	Monomodalität bezeichnet ausschließlich die Nutzung eines Verkehrsmittels (über die Zeit). Als multimodales Verhalten wird die Variation von Verkehrsmitteln über die Zeit bezeichnet. Ein intermodales Verhalten bezeichnet der wechselnde Nutzung von unterschiedlichen Verkehrsmitteln im Verlauf eines Weges.
Motivation	Beweggründe für ein zielorientiertes menschliches Verhalten.
Neutrale Ausfälle	Wenn die Ausfälle nicht zur Auswahlgrundlage der originären Stichprobe gehören, werden sie als neutrale Ausfälle bezeichnet. Diese haben keinen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse und setzen sich u. a. zusammen aus nicht vergebenen Telefonnummern, Fax- und Modemanschlüsse, falschen Adressvorgaben sowie Firmenanschlüssen.
Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)	Personenverkehr mit öffentlichen Verkehrsmitteln (Busse, Bahnen, Taxis) innerhalb von Städten und Gemeinden.

Operations Research	Teilgebiet der Angewandten Mathematik, das sich mit der Optimierung bestimmter Prozesse oder Verfahren beschäftigt und für ein gegebenes Entscheidungsproblem eine optimale Lösung der zulässigen Entscheidungsalternativen findet [Wiki08].
Panel	Eine Form der Datenerhebung, bei der wiederholt zu mindestens zwei Zeitpunkten bei der selben Untersuchungseinheit Angaben zu den gleichen Sachverhalten erhoben werden. Dies ermöglicht das Erfassen von individuellen Veränderungen im Zeitablauf.
Personal Digital Assistant (PDA)	Kleiner tragbarer Computer mit mobilem Zugang zum Internet, der hauptsächlich für persönliche Kalender-, Adress- und Aufgabenverwaltung benutzt wird.
Pflichtaktivität	Aktivitäten, die den Personen fest vorgegeben sind und von denen sie nur in Ausnahmefällen abweichen können. Sie setzen sich aus Arbeit, dienstlichen Tätigkeiten und Ausbildung zusammen.
Pull-System Pull-Dienst	Ein Pull-Dienst stellt die klassische Recherchemöglichkeit über das Internet dar. Informationen werden aktiv vom Nutzer abgerufen.
Push-System Push-Dienst	Verfahren, bei dem Inhalte und Meldungen automatisch auf das Endgerät des Anwenders geliefert werden. Aufgrund ihrer Struktur werden häufig Synonyme wie ereignisorientierte oder personalisierte Dienste verwendet.
Ratingskala	Instrument, mit dessen Hilfe der Grad der Zustimmung oder Beurteilung einer Aussage erfasst werden kann.
Rechnergesteuertes Betriebsleitsystem (RBL)	Komponenten im ÖPNV für die Erfassung, Disposition, Integration und Optimierung des Betriebsablaufs eines oder verschiedener Systeme. Bereitstellung von Schnittstellen und Informationen unabhängig von Unternehmensstrukturen.
Selektive Ausfälle	Durch selektive Ausfälle kann die Qualität der Ergebnisse beeinflusst werden. Das ist dann der Fall, wenn Haushalte die eine Teilnahme an der Planspielerhebung ablehnen, systematisch ein abweichendes Verhalten aufweisen als teilnehmende Haushalte. Bei technisch geprägten Erhebungen wird z. B. eine Verzerrung in Richtung von Computer affinen Probanden erwartet.
Soft facts weiche Faktoren	Die so genannten weichen Faktoren sind nicht bzw. nicht objektiv quantifizierbare Größen, die Einfluss auf den Erfolg eines Unternehmens oder Projekts haben. Der Begriff geht zurück auf das 7-S-Modell von PETERS, in dem er die vier Aspekte <i>Shared Values</i> , <i>Staff</i> , <i>Skills</i> und <i>Style / Culture</i> als die weichen, nicht erfassbaren Erfolgsfaktoren beschreibt. Insbesondere werden Faktoren wie Information, Kommunikation, Kooperation, Engagement, Interesse, Vertrauen hierunter aufgeführt [Wiki08].
SP-Gaming	Spezielle Methode des Stated-Preferences Verfahren unter dem Einsatz von virtuellen Realitäten, um die Messung von hypothetischer Verhaltensreaktionen zu verbessern.

Structured Query Language (SQL)	Ein seit 1994 frei verfügbares relationales Datenbankmanagementsystem, das Daten in Tabellenform verwaltet. MySQL, die populärste Open Source SQL-Datenbank, wird von MySQL AB zur Verfügung gestellt.
Systematischer Fehler	Im Gegensatz zu zufälligen Fehlern sind systematische Fehler solche Fehler, die sich im Mittel nicht aufheben und damit auf nichtzufällige, systematische Einflüsse zurückzuführen sind. Liegen systematische Fehler vor, treten Verzerrungen auf.
Telematik	Wortkombination aus Telekommunikation und Informatik: Wurde in den 70er Jahren von den Wirtschaftswissenschaftlern Simon Nora und Alain Minc geprägt.
Umweltverbund	Darunter versteht man die allgemein als ökologisch günstig eingestuften Verkehrsmittel „zu Fuß“, Fahrrad und ÖPNV. Neuerdings wird auch Car-Sharing dem Umweltverbund zugeordnet.
Verhaltensänderung	Wirkung einer Maßnahme oder Störung auf das ursprünglich geplante oder realisierte Verkehrsverhalten in Folge einer individuellen Entscheidungsfindung.
Wahrnehmung	Aufnahme, Selektion, Strukturierung und Interpretation von Informationen.
Zahlungsbereitschaft	Betrag den ein Kunde für eine Dienstleistung gerade noch zu zahlen bereit ist.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lösungsansatz	5
Abbildung 2: Gliederung der Arbeit	6
Abbildung 3: Einflussfaktoren und Beschreibungsmerkmale des Verkehrsverhaltens	20
Abbildung 4: Entscheidungsprozess mit Informationssystemen	21
Abbildung 5: Theorie des geplanten Verhaltens (nach AJZEN [Ajze91])	27
Abbildung 6: Technology Acceptance Model (TAM) und Compass-Akzeptanzmodell	29
Abbildung 7: Methodenansatz für Entscheidungsmodelle mit latenten Variablen [Walk01]	30
Abbildung 8: Instrumente zur Messung von Informationseinflüssen	32
Abbildung 9: Modellansatz der Fallstudie Österreich [RoGr05]	38
Abbildung 10: Erhebungsmethodik	43
Abbildung 11: Konzept der Planspielerhebung	45
Abbildung 12: Struktur der Planspielerhebung	46
Abbildung 13: Strukturablauf des interaktiven Planspiels	49
Abbildung 14: Typische Entscheidungssituation bei der Wahl eines Verkehrsmittels	52
Abbildung 15: Auszug des einstellungsorientierten Fragenblocks	55
Abbildung 16: Ausschöpfung der Stichprobe	57
Abbildung 17: Informationsnutzung in Abhängigkeit von der Raumstruktur auf Wegebene	61
Abbildung 18: Zusammenhang zwischen ÖPNV- und Informationsnutzung	62
Abbildung 19: Veränderung der Kundenzufriedenheit durch verkehrstelematische Maßnahmen	68
Abbildung 20: Überblick der Modellstruktur	72
Abbildung 21: Pfaddiagramm des Ausgangsmodells für die Nutzung von Informationsdiensten	76
Abbildung 22: Latente Verhaltenskonstrukte und Informationsnutzung (Szenario Status quo)	77
Abbildung 23: Regressionsanalyse für die Verhaltensabsicht der ÖV-Nutzung	78
Abbildung 24: Ergebnisse des Strukturmodells für die Nutzung von Informationsdienstleistungen	81
Abbildung 25: Struktur des Akzeptanzmodells für ein PID/RID-Abonnement	84
Abbildung 26: Schwellenwert für Verspätungsmeldungen	87
Abbildung 27: Struktur des Akzeptanzmodells Informationsmedium	89
Abbildung 28: Struktur des Verkehrsmittelwahlmodells	92
Abbildung 29: Modal-Split (Szenario Status quo)	103
Abbildung 30: Darstellung des Modellgebiets mit Zonensegmentierung	105

Abbildung 31: Modellkonzept mobiTopp [ScZu06].....	106
Abbildung 32: Kopplung von mobiTopp und Telematikdiensten.....	107
Abbildung 33: Aktivitätsdiagramm – Trip Request.....	108
Abbildung 34: Analysemöglichkeiten des Simulationsansatzes.....	112
Abbildung 35: Altersverteilung im Untersuchungsgebiet.....	113
Abbildung 36: Informationsmedium in der Modellsimulation (Wege mit Informationsanfrage).....	116
Abbildung 37: Nachfrageeffekte durch IuK-Technologien.....	119
Abbildung 38: Veränderungen im Modal-Split durch Planfallmaßnahmen.....	121
Abbildung 39: Veränderungen im Modal-Split durch Planfallmaßnahmen.....	122
Abbildung 40: Eingabemaske für die Planspielkonfiguration – Teil 1.....	XIII
Abbildung 41: Eingabemaske für die Planspielkonfiguration – Teil 2.....	XIII
Abbildung 42: Eingabemaske für die Planspielkonfiguration – Teil 3.....	XIV
Abbildung 43: Raumstruktur der Planspielsimulation.....	XIV
Abbildung 44: Auswahl des Terminkalenders.....	XV
Abbildung 45: PID-Meldung ausgelöst durch eine Verspätung.....	XV
Abbildung 46: Verkehrsmittelauswahl und Internet Real-Time-Auskunft.....	XVI
Abbildung 47: Terminwochenplaner.....	XVI
Abbildung 48: Störungsverteilung über einen Tag.....	XXI

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich zwischen Revealed- und Stated-Preference-Verfahren.....	34
Tabelle 2: Übersicht über die angebotenen Informations- und Verkehrsmittelalternativen	51
Tabelle 3: Vergleich der Altersverteilung nach Geschlecht von Sekundärstatistik und Stichprobe.....	58
Tabelle 4: Vergleich der Mobilitätskennziffern – Planspiel und Mobilitätspanel.....	59
Tabelle 5: Anteilige Nutzung der Informationsmedien auf Wegeebe.....	60
Tabelle 6: Gruppeneinteilung in Abhängigkeit von der Nutzung von Fahrplaninformationen.....	63
Tabelle 7: Häufigkeitsverteilung der ÖPNV-Wege auf Personenebene	65
Tabelle 8: Informationsbeschaffung in Abhängigkeit vom gewählten Verkehrsmittel	66
Tabelle 9: Wechsel des Verkehrsmittels mit/ohne vorherige/r Fahrplaninformation.....	67
Tabelle 10: Regressionsanalyse für die Verhaltensabsicht der Informationsnutzung	79
Tabelle 11: Ergebnisse der Strukturmodelle für die ÖPNV-Nutzung (*p<.01 **p<.001).....	82
Tabelle 12: Gütekriterien der finalen Strukturmodelle.....	82
Tabelle 13: Variablen der 1. Modellstufe für die Wahl des Informationsdienstes	85
Tabelle 14: Regelkatalog zur Differenzierung von PID- und RID-Informationsdiensten.....	86
Tabelle 15: Variablen der 3. Modellstufe für die Wahl eines Informationssystems.....	88
Tabelle 16: Variablen der 1. Modellebene für die Wahl des Informationsmediums.....	90
Tabelle 17: Variablen für die Wahl des Verkehrsmittels	93
Tabelle 18: Parameterschätzung für ereignisorientierte Informationsdienste.....	95
Tabelle 19: Parameterschätzung des Akzeptanzmodells Informationsmedium – Modellebene 1.....	97
Tabelle 20: Parameterschätzung für die Verkehrsmittelwahl.....	100
Tabelle 21: Nutzung einzelner Informationsdienste auf Wegeebe (Szenario Status quo)	102
Tabelle 22: Faktoren zur Rekalibrierung der Modellergebnisse.....	111
Tabelle 23: Verkehrsmittelaufteilung für den „Planfall 0“	113
Tabelle 24: Anteilige Nutzung der einzelnen Informationsdienste auf Wegeebe.....	115
Tabelle 25: Modal-Split im Modellgebiet der Region Ulm	117
Tabelle 26: Informationsmedium und Verkehrsmittelwahl	117
Tabelle 27: Übergangsmatrix Modal-Split zwischen den Szenarien mit Informationsanfrage.....	118
Tabelle 28: Übersicht Fragebogen Items – Teil 1 (MW: Mittelwert, SW: Standardabweichung).....	XVII
Tabelle 29: Übersicht Fragebogen Items – Teil 2 (MW: Mittelwert, SW: Standardabweichung).....	XVIII
Tabelle 30: Übersicht Fragebogen Items – Teil 3 (MW: Mittelwert, SW: Standardabweichung).....	XIX

Tabelle 31: Hypothesengerüst	XX
Tabelle 32: Bonus-Malus-System	XXII
Tabelle 33: Mathematische Nutzenformulierung für Informationssysteme (2. Modellebene).....	XXIII
Tabelle 34: Parameterschätzung für das Akzeptanzmodell Informationsmedium - Modellebene 1 ..	XXIII
Tabelle 35: Parameterschätzung für Informationen nach einer ereignisgesteuerten Meldung	XXIV
Tabelle 36: Parameterschätzung für die Verkehrsmittelwahl.....	XXV
Tabelle 37: Parameterschätzung für die Verkehrsmittelwahl.....	XXVI

Anhang

1. Konfiguration des Planspiels

Personen- und Mobilitätsdaten
HH-ID: -

1. Haushalt ID

2. Personen ID

3. Geschlecht weiblich männlich

4. Wie viele Personen leben ständig in ihrem Haushalt, Sie selbst mit eingeschlossen?
Anzahl der Personen insgesamt: davon Kinder unter 10 Jahren:

5. Wohnort:

6. Was ist Ihr höchster Schulabschluss?

Haupt- oder Volksschule

mittlere Reife/Realschulabschluss

Abitur/Fachhochschulreife

Hoch-/Fachhochschulabschluss

Sonstiger Abschluss

noch keinen Abschluss

7. Welchen Beruf üben Sie derzeit aus?

voll berufstätig

teilweise berufstätig

Wehrdienst/Zivildienst

arbeitslos

Berufsausbildung

Schul-/Hochschulausbildung

Hausfrau/-mann

Rentner

Umschulung/Weiterbildung

Sonstiges (z.B. Freiberufler)

8. Geburtsjahr 19

10. Welche Verfügbarkeit haben Sie für die folgenden Fahrzeuge?

PKW: ständig nach Absprache nie

Fahrrad: ständig nach Absprache nie

9. Besitzen Sie einen Pkw-Führerschein? ja nein

11. Welche Haltestellen öffentlicher Verkehrsmittel können Sie von Ihrer Wohnung aus zu Fuß erreichen? (Entfernung in Minuten)

Bus: min nicht erreichbar / weiss nicht

Strassenbahn: min nicht erreichbar / weiss nicht

Eisenbahn/Zug: min nicht erreichbar / weiss nicht

12. Besitzen Sie eine Zeitkarte oder eine Vergünstigungskarte für den öffentlichen Nahverkehr, also für Busse und Bahnen? (Mehrfachnennungen möglich)

nein Wochenkarte Monatskarte

Jahreskarte Jobticket

DING-Card Schwerbehindertenausweis

Semesterticket BahnCard

Abbildung 40: Eingabemaske für die Planspielkonfiguration – Teil 1

Personen- und Mobilitätsdaten
HH-ID: 454545-2

13. Wie ist Ihr Arbeitsplatz / Ausbildungsplatz mit öffentlichen Verkehrsmitteln erreichbar?

zügige Direktverbindung langsame Direktverbindung Verbindung mit einmaligen Umsteigen

Verbindung mit mehrmaligen Umsteigen keine akzeptable Verbindung keine Ahnung

14. Welches Verkehrsmittel benutzen Sie hauptsächlich auf dem Weg zur Arbeit oder zur Ausbildung? Nennen Sie bitte für beide Witterungsverhältnisse ein Verkehrsmittel.

Arbeit/Ausbildung		Trockenes Wetter	Nasses Wetter
Verkehrsmittel			
Zu Fuß		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahrrad		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pkw, Motorrad	Fahrer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Mitfahrer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Straßenbahn, Zug)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Park & Ride (Pkw + ÖV)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bike & Ride (Fahrrad + ÖV)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

15. Benutzen Sie gelegentlich auch noch andere Verkehrsmittel auf dem Weg zum Arbeits- oder Ausbildungsplatz? (Mehrfachnennungen möglich)

Nein, kein anderes Verkehrsmittel Zu Fuß Fahrrad

Pkw/Motorrad Fahrer Pkw/Motorrad Mitfahrer

Park & Ride Bike & Ride

Öffentliche Verkehrsmittel

Abbildung 41: Eingabemaske für die Planspielkonfiguration – Teil 2

Personen- und Mobilitätsdaten
HH-ID: 454545-2



16. Welches Verkehrsmittel benutzen Sie hauptsächlich zum Einkaufen? Nennen Sie bitte für beide Witterungsverhältnisse ein Verkehrsmittel.

Einkaufsfahrt(en)		Trockenes Wetter	Nasses Wetter
Zu Fuß		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahrrad		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pkw, Motorrad	Fahrer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Mitfahrer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Straßenbahn, Zug)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Park & Ride (Pkw + ÖV)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bike & Ride (Fahrrad + ÖV)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. Benutzen Sie gelegentlich auch noch andere Verkehrsmittel für Ihre Einkaufsfahrt(en)? (Mehrfachnennungen möglich)

Nein Zu Fuß Fahrrad
 Pkw/Motorrad Fahrer Pkw/Motorrad Mitfahrer
 Park & Ride Bike & Ride
 Öffentliche Verkehrsmittel

18. Welches Verkehrsmittel benutzen Sie hauptsächlich in der Freizeit? Nennen Sie bitte für beide Witterungsverhältnisse ein Verkehrsmittel.

Freizeitfahrt(en)		Trockenes Wetter	Nasses Wetter
Zu Fuß		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Fahrrad		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pkw, Motorrad	Fahrer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
	Mitfahrer	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Öffentliche Verkehrsmittel (Bus, Straßenbahn, Zug)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Park & Ride (Pkw + ÖV)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Bike & Ride (Fahrrad + ÖV)		<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

zurück
weiter

Abbildung 42: Eingabemaske für die Planspielkonfiguration – Teil 3

2. Planspielablauf

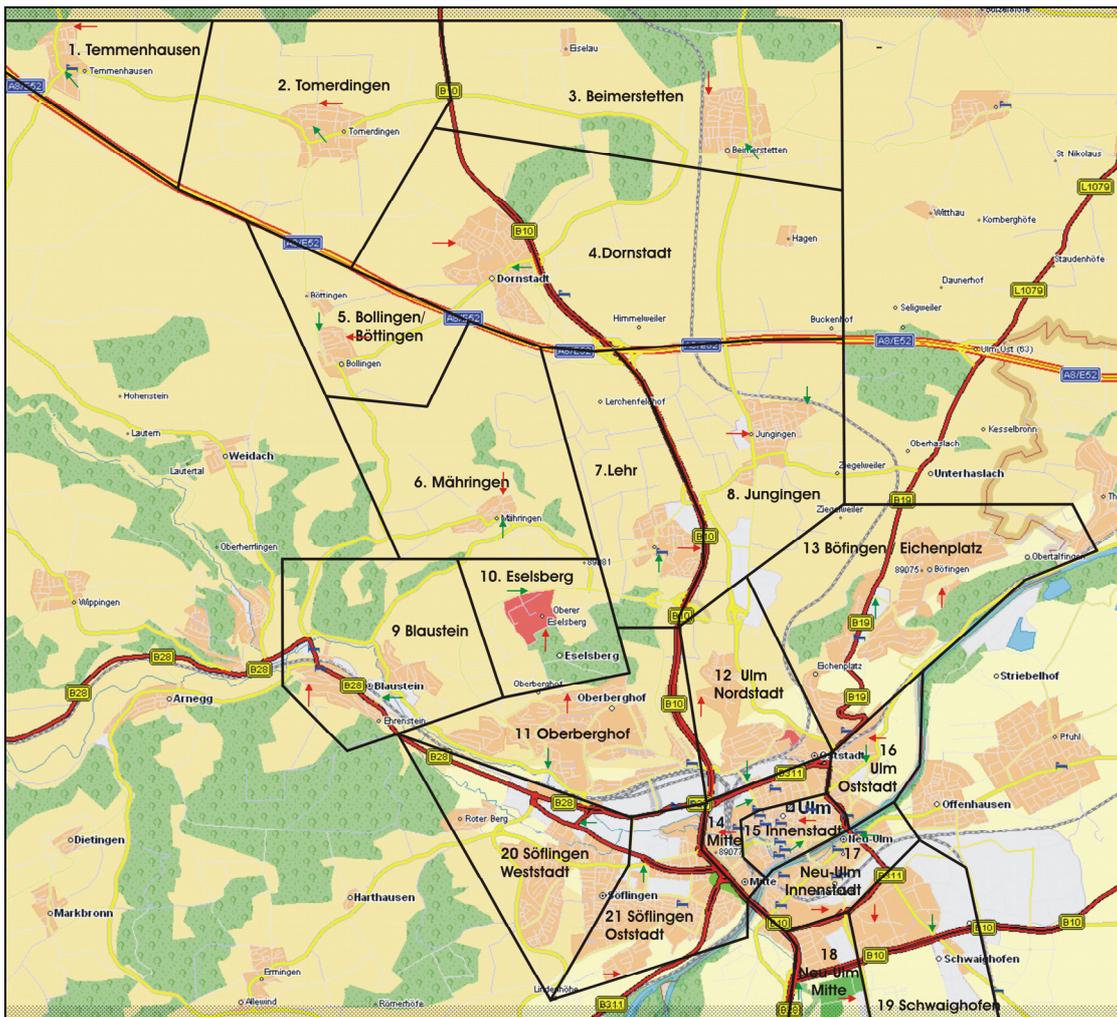


Abbildung 43: Raumstruktur der Planspielsimulation

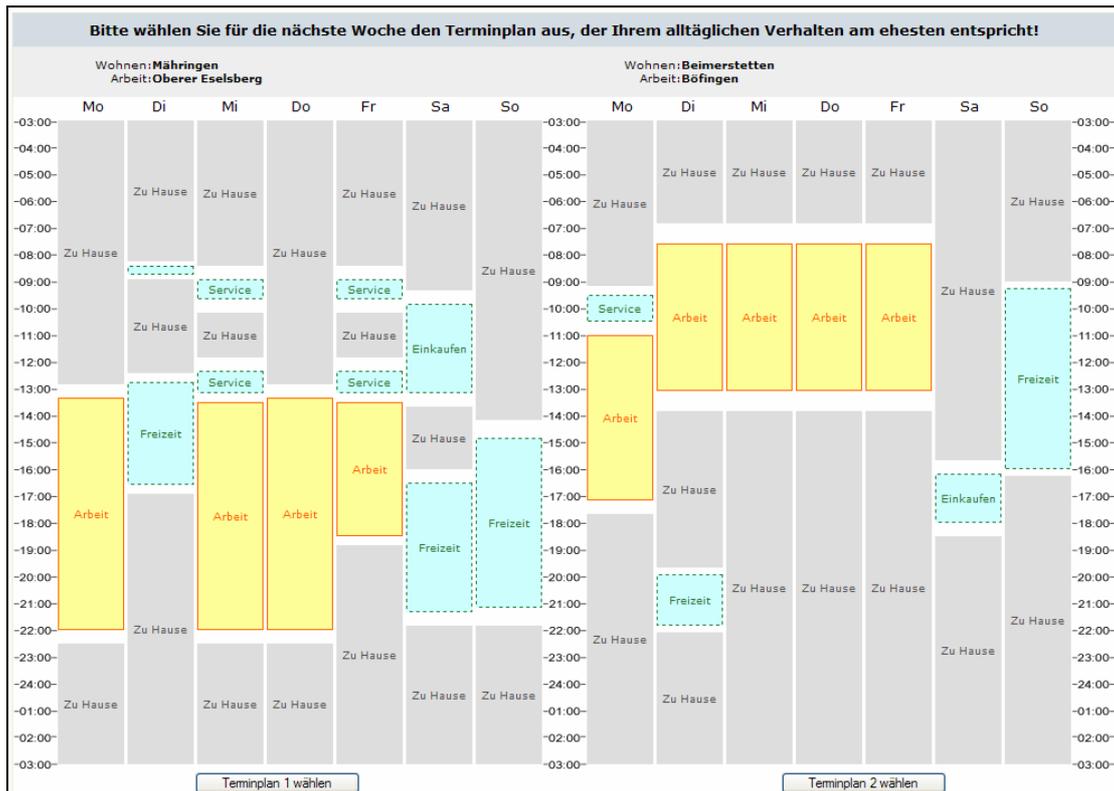


Abbildung 44: Auswahl des Terminkalenders

Mo [w2] 10:15 Uhr

Beimerstetten | Böfingen

Letztes Verkehrsmittel | Aktuell verfügbares Budget € 27,25

Von Jungingen Rathaus Persönliche Erledigung bis 10:30
 Nach Böfingen Hofäckerverweg Arbeit ab 11:00
 Entf. 5,50 Km

Verkehrsmittel	Aufbruch	Ankunft	Gesamtzeit	Kosten	Randbedingungen
	10:26	10:55 11:15	29 min 49 min	€ 1,50	2 min Zugang 2 min zum Ziel 1 mal Umsteigen

+++ PID-Meldung: Störung auf dieser Linie: 20 min Verspätung (Starker Verkehr) +++

Ihr PID-Dienst empfiehlt, die vorgeschlagene Verbindung trotz Störung zu nutzen. +++

RUDY - PID SMS - Wind... | Verkehrsmittel bestätigen

+++ PID-Meldung:
Störung auf Ihrer
Linie: 20 min
Verspätung
(Starker Verkehr)
+++

1 2 3
4 5 6
7 8 9
* 0 #

Fenster schließen

FAHRPLAN | DING Zeitkarte erwerben | DING online | PID gebucht

Abbildung 45: PID-Meldung ausgelöst durch eine Verspätung

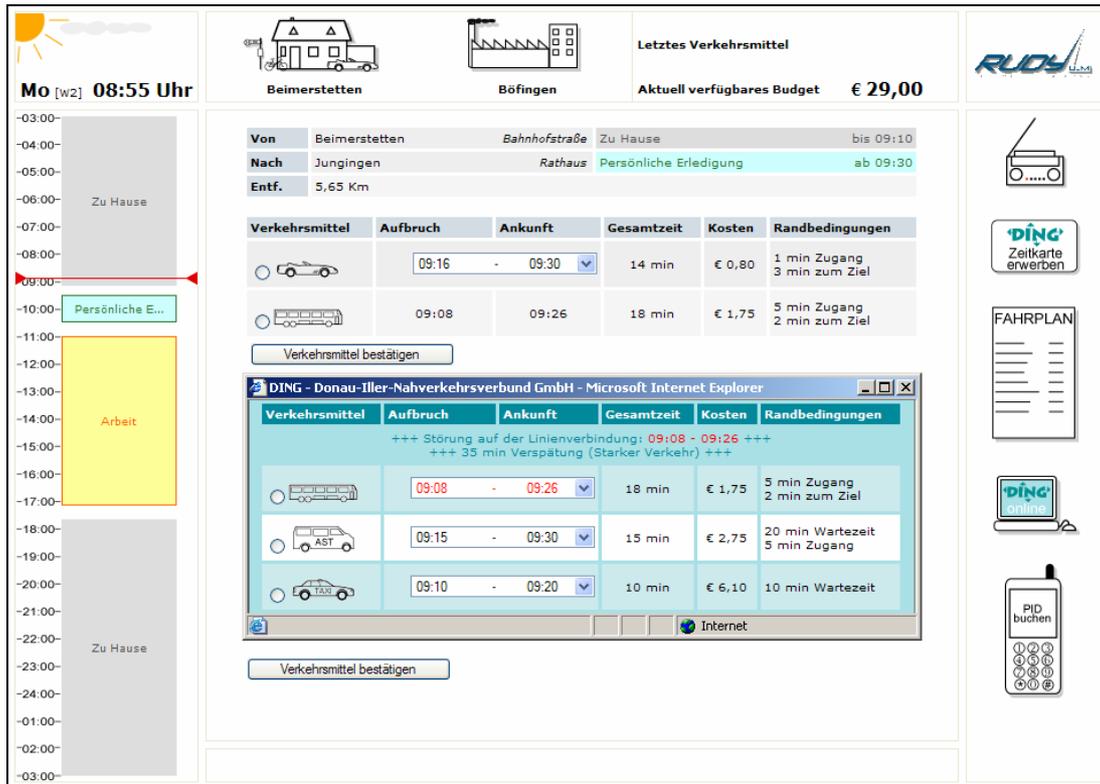


Abbildung 46: Verkehrsmittelauswahl und Internet Real-Time-Auskunft

3. Vorheruntersuchung

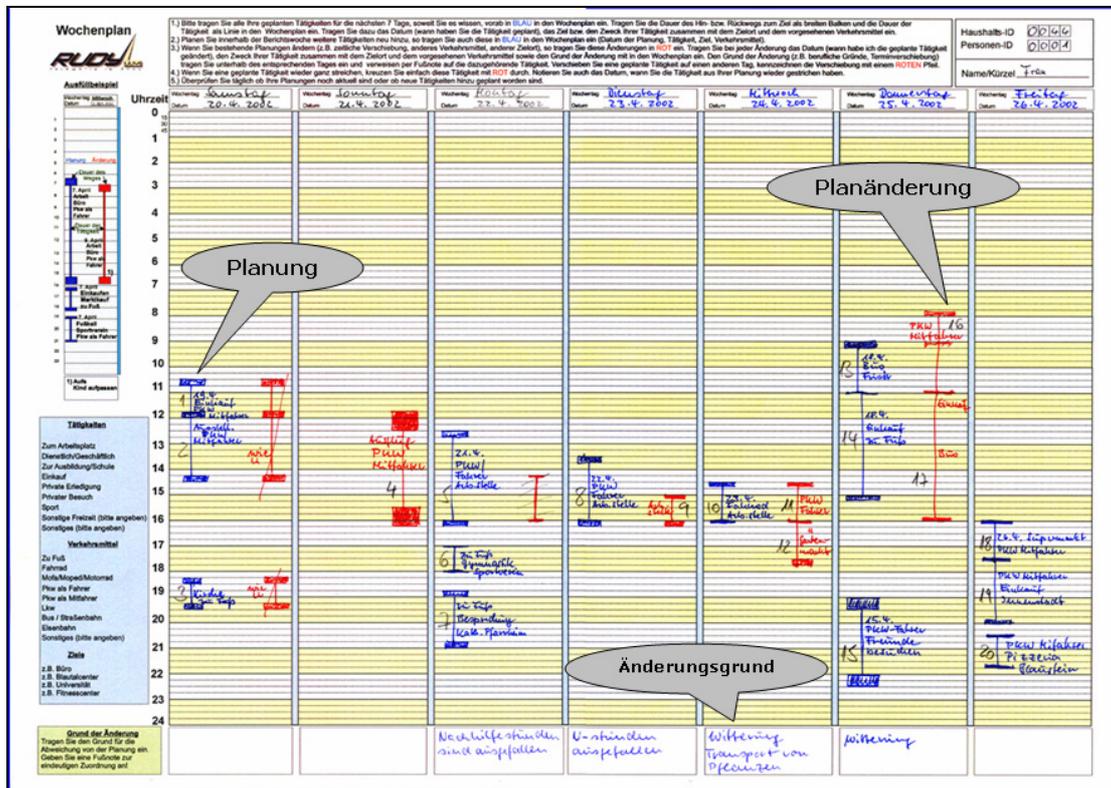


Abbildung 47: Terminwochenplaner

4. Einstellungsorientierter Fragenteil

Konstrukt/Item		Status quo		Innovation	
		MW	SA	MW	SA
Einstellung zum Informationssystem/Verkehrsmittel		MW	SA	MW	SA
<i>Wahrgenommenes Mobilitätsverhalten</i>					
PBC1_pt_w1/ PBC1_pt_w2	Zu Alltagszielen mit öffentlichen Verkehrsmitteln zu fahren, fände ich ...(schwierig/einfach)	0,71	1,92	1,09	1,65
PBC1_is_w1/ PBC1_is_w2	Für Alltagswege Fahrplaninformationssysteme für öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen, fände ich ... (schwierig/einfach)	0,91	1,61	1,18	1,66
PBC2_is_w1/ PBC2_is_w2	Ich bin mir sicher, dass ich mir sämtliche Informationen für Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln beschaffen kann (unsicher/sicher)	1,63	1,65	1,98	1,27
PBC2_pt	Ich bin mir sicher, dass ich öffentliche Verkehrsmittel benutzen kann.	2,07	1,32	-	-
<i>Einstellung</i>					
ATT1_pt_w1/ ATT1_pt_w2	Bei solchen Alltagswegen häufiger öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen, fände ich ... (schlecht/gut)	1,24	1,61	1,48	1,41
ATT2_pt_w1/ ATT2_pt_w2	Bei solchen Alltagswegen häufiger öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen, fände ich...(unangenehm/angenehm)	0,62	1,71	1,52	1,38
ATT1_is_w1/ ATT1_is_w2	In dieser Situation Fahrplaninformationssysteme für öffentliche Verkehrsmittel nutzen zu können, fände ich ... (schlecht/gut)	1,47	1,35	1,63	1,24
ATT2_is_w1/ ATT2_is_w2	In dieser Situation Fahrplaninformationssysteme für öffentliche Verkehrsmittel nutzen zu können, fände ich ... (unangenehm/angenehm)	1,52	1,38	1,24	1,61
<i>Intention</i>					
IT1_is_w1/ IT1_is_w2	... wäre meine Absicht Fahrplaninformationssysteme für öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen (klein/groß)	1,03	1,78	1,06	1,71
IT2_is_w1/ IT2_is_w2	... beabsichtige ich öfters Fahrplaninformationssysteme für öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	0,79	1,63	0,96	1,67
IT1_pt_w1/ IT1_pt_w2	... wäre meine Absicht öfters öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen (klein/groß)	0,86	1,74	1	1,61
IT2_pt_w1/ IT2_pt_w2	... beabsichtige ich öfters öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	0,79	1,72	0,82	1,72
<i>Belief persönliche Situation/verhaltensbezogene Überzeugung</i>					
CB1_pt	... kann ich in den meisten Fällen aus meiner persönlichen oder familiären Situationen heraus öffentliche Verkehrsmittel nicht in Anspruch nehmen (trifft nicht zu/trifft zu)	1,05	2,23	-	-
CB2_pt	... bin ich aufgrund des vorhandenen Angebotes nicht in der Lage, öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen (trifft nicht zu/trifft zu)	1,06	2,22	-	-
CB1_is	... kenne ich aufgrund mangelnder oder schwer erhältlicher Informationen die Alternativen und Verbindungen im öffentliche Nahverkehr nicht ausreichend (trifft nicht zu/trifft zu)	1,33	1,84	-	-
CB2_is	... ist mir der Aufwand zur Abfrage von Fahrplaninformationen für öffentliche Verkehrsmittel viel zu groß (trifft nicht zu/trifft zu)	0,75	2,02	-	-

Tabelle 28: Übersicht Fragebogen Items – Teil 1 (MW: Mittelwert, SW: Standardabweichung)

Konstrukt/Item		Status quo		Innovation	
		MW	SA	MW	SA
<i>Einstellung zum Informationssystem/Verkehrsmittel</i>					
<i>Belief persönliche Situation/verhaltensbezogene Überzeugung</i>					
CB1_pt	... kann ich in den meisten Fällen aus meiner persönlichen oder familiären Situationen heraus öffentliche Verkehrsmittel nicht in Anspruch nehmen (trifft nicht zu/trifft zu)	1,05	2,23	-	-
CB2_pt	... bin ich aufgrund des vorhandenen Angebotes nicht in der Lage, öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen (trifft nicht zu/trifft zu)	1,06	2,22	-	-
CB1_is	... kenne ich aufgrund mangelnder oder schwer erhältlicher Informationen die Alternativen und Verbindungen im öffentliche Nahverkehr nicht ausreichend (trifft nicht zu/trifft zu)	1,33	1,84	-	-
CB2_is	... ist mir der Aufwand zur Abfrage von Fahrplaninformationen für öffentliche Verkehrsmittel viel zu groß (trifft nicht zu/trifft zu)	0,75	2,02	-	-
<i>Wahrgenommene Bedienbarkeit</i>					
WB1_is	Die Nutzung und Bedienung von Fahrplaninformationssystemen wie im Planspiel finde ich ... (schlecht/gut)	-	-	1,7	1,23
WB2_is	Die Nutzung und Bedienung von Fahrplaninformationssystemen wie im Planspiel finde ich ... (schwierig/einfach)	-	-	1,39	1,47
<i>Wahrgenommene Kosten</i>					
KA2_is	... wäre ich bereit, für den Service einen geringen pauschalen monatlichen Kostenbeitrag (z.B. 3 €) zu bezahlen (trifft nicht zu/trifft zu)	-	-	-0,2	2,12
KA3_is	... wäre ich bereit, für jede Meldung einzeln, falls eine Fahrplanabweichung auftritt, die Kosten einer SMS (z.B. 0,2 €) zu bezahlen (trifft nicht zu/trifft zu)	-	-	-0,6	2,21
<i>Soziale Einflüsse</i>					
SN_pt	Freunde und Bekannte, die mir wichtig sind, fänden es gut, wenn ich in der nächsten Woche in der Region Ulm für Alltagswege öfters öffentliche Verkehrsmittel benutzen würde (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	0,04	1,82
SN_is	Freunde und Bekannte, die mir wichtig sind, fänden es gut, wenn ich in der nächsten Woche in der Region Ulm Informationssysteme für öffentliche Verkehrsmittel nutzen würde (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	0,07	1,85
<i>Wahrgenommener Aufwand</i>					
KA1_is_w1/ KA1_is_w2	Wenn ich für Alltagswege Fahrplaninformationssysteme nutzen würde, wäre der Aufwand für mich...(klein/groß)	0,39	1,79	0,6	1,8
KA4_is	... wäre der Aufwand gering, da die Information im Falle einer Fahrplanabweichung mir automatisch mitgeteilt wird (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,45	1,44

Tabelle 29: Übersicht Fragebogen Items – Teil 2 (MW: Mittelwert, SW: Standardabweichung)

Konstrukt/Item		Status quo		Innovation	
		MW	SA	MW	SA
<i>Belief verhaltensbezogene Überzeugung für den ÖPNV</i>					
BB1_pt	... würde ich mich umweltschonender verhalten (trifft nicht zu/trifft zu)	-	-	2,11	1,34
BB2_pt	... würde das meine Flexibilität einschränken (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	-0,8	1,88
BB3_pt	... würde ich entspannter, stressfreier und ausgeruhter an meinem Ziel kommen (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	0,65	1,89
BB4_pt	... käme ich schneller an mein Ziel (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	-0,8	1,74
BB5_pt	...würde ich verkehrssicher mein Ziel erreichen (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,17	1,59
BB6_pt	... müsste ich damit rechnen, dass ich aufgrund von Verspätungen zu Terminen nicht rechtzeitig ankomme (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	-0,6	1,66
BB7_pt	... würde ich preisgünstiger mein Ziel erreichen (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	0,94	1,76
<i>Belief verhaltensbezogene Überzeugung für dynamische Informationssysteme</i>					
BB1_is_online	... würde mir das helfen meine Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln im Vorfeld viel besser planen zu können (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,09	1,69
BB2_is_online	... würde mir das helfen bei Fahrten mit öffentlichen Verkehrsmitteln eine optimale Verbindung zu finden (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,26	1,57
BB3_is_online	... wüsste ich, dass es Verspätungen gibt (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,83	1,42
BB4_is_online	... hätte ich keine Angst mehr, unpünktlich zu Terminen zu kommen (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	0,04	1,83
BB5_is_online	... würde ich mir das lange Warten an der Haltestelle ersparen (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,15	1,64
<i>Belief verhaltensbezogene Überzeugung für personalisierte Informationssysteme</i>					
BB1_is_pid	... könnte ich im Falle einer Verspätung frühzeitig reagieren (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,64	1,37
BB2_is_pid	... hätte ich das Gefühl, die Zeit der Verspätung sinnvoll nutzen können (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,07	1,72
BB3_is_pid	... könnte ich mich schnell über Alternativen zu meinem Ziel informieren (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,49	1,42
BB4_is_pid	... könnte ich mich auf öffentliche Verkehrsmittel verlassen, da ich von Verspätungen bereits im Vorfeld erfahre (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,16	1,51
<i>Wahrgenommener Nutzen</i>					
WN1_is	... könnte ich mich überall über passende ÖPNV-Verbindungen informieren (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,31	1,51
WN2_is	... hätte ich das Gefühl, eine innovative Technologie zu nutzen (unwahrscheinlich/wahrscheinlich)	-	-	1,19	1,64

Tabelle 30: Übersicht Fragebogen Items – Teil 3 (MW: Mittelwert, SW: Standardabweichung)

Hypothese	Beschreibung
H1	Je wahrscheinlicher eine Person die Nutzung von Informationsdiensten im ÖPNV in einer spezifischen Alltagssituation mit positiv bewerteten Konsequenzen verbindet, desto positiver ist auch die individuelle Einstellung gegenüber der Nutzung des Informationsdienstes in einer spezifischen Alltagssituation.
H2	Je eher eine Person glaubt, dass für sie wichtige Bekannte oder Freunde erwarten, in einer spezifischen Alltagssituation Informationsdienste im ÖPNV zu nutzen und je stärker die Motivation der Person ist, mit diesen wichtigen Bekannten oder Freunden in dieser Frage überein zu stimmen, desto stärker ist die subjektive Norm, den Dienst zu nutzen.
H3	Je geringer die Hindernisse und je größer die Ressourcen und Gelegenheiten zur Nutzung von Informationsdiensten in einer spezifischen Alltagssituation sind, desto größer ist auch die subjektiv wahrgenommene Verhaltenskontrolle über die Nutzung des Systems in dieser Situation.
H4	Je positiver die Einstellung einer Person ist, in einer spezifischen Alltagssituation ein Informationsdienst im ÖPNV zu nutzen und je stärker die Überzeugung ist, dass Freunde und Bekannte erwarten, in einer spezifischen Alltagssituation ein Informationssystem im ÖPNV zu nutzen und je stärker die Einschätzung, dass die Nutzung des Informationsdienst in einer spezifischen Alltagssituation einfach ist, desto stärker ist auch die Intention dieser Person, dieses Informationsdienst zu nutzen.
H5	Je einfacher die Nutzung und Bedienung des Informationssystem ist, desto größer ist auch der subjektiv wahrgenommene Nutzen des Informationsdienstes in dieser Situation.
H6	Je größer eine Person den Nutzen des Informationsdienstes empfindet, desto größer ist auch ihre Bereitschaft in spezifischen Alltagssituationen dafür einen Kostenbetrag zu entrichten.
H7	Je größer der Netzwerkeffekt von Dienstleistungen von einer Person empfunden wird, desto größer ist auch ihre Bereitschaft in spezifischen Alltagssituationen den Dienst zu nutzen.
H8	Je öfters eine Person den Informationsdienst im Planspiel benutzt hat, desto größer ist auch ihre Bereitschaft in spezifischen Alltagssituationen so einen Dienst zu nutzen.

Tabelle 31: Hypothesengerüst

5. Modellgrundlagen

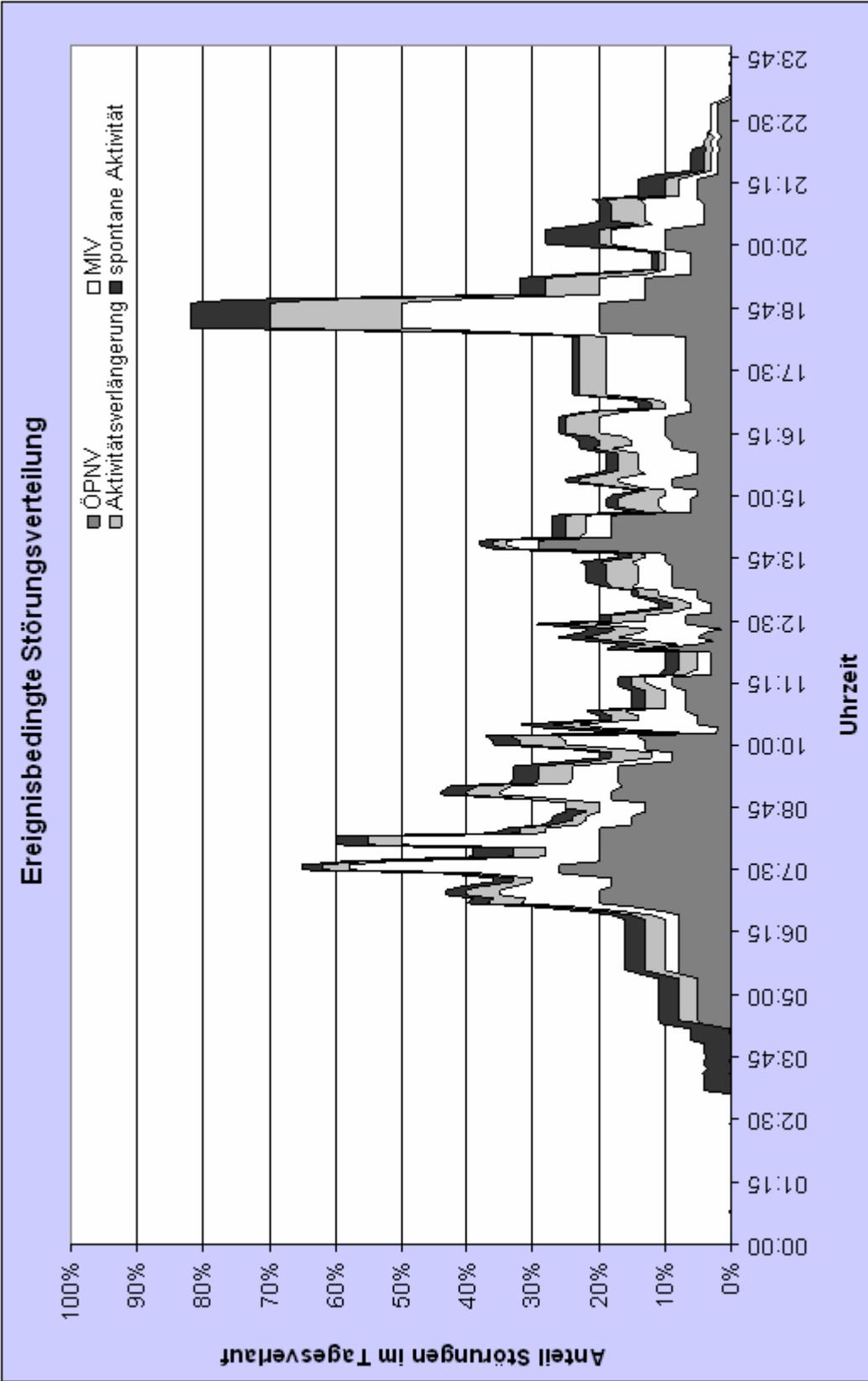


Abbildung 48: Störungsverteilung über einen Tag

Aktion	Malus	Bonus
Aktivität unter Termindruck oder mit hoher Verpflichtung kürzer ausführen wie in der Terminplanung	0,2€/10 min gekürzter Aktivität.	-
Aktivität unter Termindruck oder mit hoher Verpflichtung zeitlich um mehr als 10 Minuten verschieben	1 €	-
Aktivität verwerfen	0,3€/10 min verworfener Aktivität	-
Fahrt mit dem Rad bei schlechtem Wetter	1 €	
PID ohne Zeitkarte	0,2€ pro Meldung	
RID	0,2€ pro Meldung	
Wenn zwischen den geplanten Aktivitätsdauern und den realisierten Aktivitätsdauern (außer der Aktivität Wohnen) am Tagesende ein Mindestmaß des Zeitbudgets ausgeführt ist		
$0,98 \leq (\text{Summe Aktivitätsdauern realisiert} / \text{Summe Aktivitätsdauern geplant}) < 0,95$		0,50 €
$1,2 \leq (\text{Summe Aktivitätsdauern realisiert} / \text{Summe Aktivitätsdauern geplant}) < 0,98$		1 €
$(\text{Summe Aktivitätsdauern realisiert} / \text{Summe Aktivitätsdauern geplant}) \geq 1,2$		1,50 €

Tabelle 32: Bonus-Malus-System

6. Modellkalibrierung

Einflussbereich	Beschreibung	Variablen-Typ
<i>Person</i>	Beruf (4 Klassen)	Dummyvariable [Vollzeit, Teilzeit, Ausbildung, kein]
	Alter (4 Klassen)	Dummyvariable [0-24, 25-39, 40-64, >65]
	Geschlecht	binär [Mann, Frau]
	Single-Haushalt	binär [Ja, Nein]
	Zeitkarte	binär [Ja, Nein]
	Pkw-Verfügbarkeit	binär [Ja, Nein]
	Kind unter 10 Jahren im Haushalt	binär [Ja, Nein]
<i>Fahrt</i>	Aktivitätszweck (4 Klassen)	Dummyvariable [Arbeit, Dienstlich, Einkauf, Freizeit]
	Entfernung logarithmiert	kardinal [0, 15]
	Abfahrtszeit (3 Bereiche)	Dummyvariable [0-720, 721-1199, 1200-1440]
	Wochenende	binär [Ja, Nein]
	Termindruck	binär [Ja, Nein]
	Schlechte Witterung	binär [Ja, Nein]
<i>Einstellung</i>	Subjektiver Intentionswert ÖV-Informationssystem	kardinal [0, 3]
	Technikaffinität (3 Cluster)	Dummyvariable [technisch affin, technikdistanziert, aufstrebende Innovatoren]
Raumstruktur	Wohnort Stadtgebiet	binär [Ja, Nein]

Tabelle 33: Mathematische Nutzenformulierung für Informationssysteme (2. Modellebene)

Modellcharakteristika			Szenario			
			Status quo		Innovation	
Observationsfälle			8813		3979	
McFadden's LRI			0,6553		0,7315	
Likelihood-Ratio			16013		8070	
Bereich	Variable	Beschreibung	Schätz- wert	Pr > t 	Schätz- wert	Pr > t
-	Fahrplanbuch	Konstante	-1,5925	0,5942	-13,6013	0,0071
<i>Einstellung</i>	Intention_Fbuch	Subjektiver Intentionswert ÖV- Informationssysteme	-2,368	0,1499	3,6246	0,1461
<i>Person</i>	zk_Fbuch	Zeitkarte	-0,4543	0,0209	-0,5284	<,0001
<i>Fahrt</i>	auf_vorm_Fbuch	Abfahrtszeit 0-720 Min.	1,1017	0,0049	1,2136	0,0048
	auf_nachm_f	Abfahrtszeit 720-1200 Min.	1,3645	0,0076	-	-
	pflicht_Fbuch	Zweck-Dummy Arbeit/Ausbildung	0,5962	<,0117	-	-
	wotag_Fbuch	Wochenende	0,9973	0,0013	1,4369	0,0505
	termin_Fbuch	Termindruck	0,2858	0,0033	-0,9849	0,045
<i>Erfahrung</i>	weg_Fbuch	Störung letzte Fahrt			0,5405	0,1808
<i>Raum- struktur</i>	urban_Fbuch	Wohnort-Dummy Stadtgebiet	-0,6368	0,0003	-	-

Tabelle 34: Parameterschätzung für das Akzeptanzmodell Informationsmedium – Modellebene 1
(Auszug der Schätzung für die Alternative Fahrplanbuch)

Modellcharakteristika			Szenario Innovation	
Observationsfälle			4805	
LRI			0,3577	
Likelihood-Ratio			1850,4029	
Bereich	Variable	Beschreibung	Schätzwert	Pr > ChiSq
-	Zusatzinformation	Konstante	-4,5727	<,0001
<i>Person</i>	middle	Altersklasse 25-39	0,1702	0,1601
	ripe	Altersklasse 40-64	0,6856	<,0001
	hau_ren	Rentner/Hausmann	-0,2344	0,0504
	pkw	Pkw-Verfügbarkeit	-0,8232	<,0001
	zk	ÖV-Zeitkarte	1,1595	<,0001
<i>Fahrt</i>	spontan	Spontane Aktivität	1,7183	<,0001
	fakult	fakultative Aktivität	-0,9781	<,0001
	auf_vorm	Abfahrtszeit 0-720 Min.	-1,3955	<,0001
	auf_nachm	Abfahrtszeit 720-1200 Min.	-0,9354	<,0001
	entfernung_log	Entfernung logarithmiert	0,6309	<,0001
	no_choice	Alternativenverfügbarkeit	-6,3536	<,0001
	wotag	Wochende	0,4078	0,0004
<i>Einstellung</i>	clus1	Technikaffinität	0,6501	<,0001
<i>Erfahrung</i>	ident_ziel	$1-(1/\exp(\text{anz_ident_ziel})^{0.15})$	-1,7709	<,0001
	info_count	Anzahl Informationsanfragen	0,6274	<,0001

Tabelle 35: Parameterschätzung für Informationen nach einer ereignisgesteuerten Meldung

Modellcharakteristika			Szenario Innovation	
Observationsfälle			2987	
McFadden's LRI			0,662	
Likelihood-Ratio			7084	
Bereich	Variable	Beschreibung	Schätzwert	Pr > t
-	Fuss	Konstante	3,8924	0,005
-	Rad	Konstante	0,5049	0,0063
-	FlexiBus	Konstante	8,3846	0,1996
Fahrt	auf_vorm_rad	Abfahrtszeit 0-720 Min.	-0,2647	0,1038
	regen_rad	Witterung	-1,065	<,0001
Informationen	info_online_rad	Online-Fahrplanauskunft	0,3192	0,2283
Person	male_rad	Geschlecht	0,5049	0,0063
	bildung_rad	Ausbildung	0,5336	0,0009
	hau_ren_rad	Rentner/Hausmann	0,4216	0,0234
	single_rad	Single-Haushalt	-0,7631	0,0007
	pkw_rad	Pkw-Verfügbarkeit	-0,2296	0,2056
	zk_rad	Zeitkarte	-0,4882	0,0036
Person	zk_fuss	Zeitkarte	-0,2647	0,1038
	kind_fuss	Kind unter 10 Jahren	0,5446	0,0051
	young_f	Altersklasse bis 24	1,0475	0,005
	middle_fuss	Altersklasse 25-39	-0,3121	0,242
	job_fuss	Erwerbstätig	0,4094	0,0204
Fahrt	regen_fuss	Schlechte Witterung	-0,3742	0,055
	auf_vorm_fuss	Abfahrtszeit 0-720 Min.	0,1888	0,2619
	entfernung_fuss	Entfernung logarithmiert	-0,2606	0,1713
Raumstruktur	urban_fuss	Stadtgebiet	0,3793	0,0251
Informationen	info_online_flexibus	Online-Fahrplanauskunft	8,3846	0,1996
Person	zk_flexibus	ÖV-Zeitkarte	1,636	<,0001
	male_flexibus	Geschlecht	5,1577	0,428

Tabelle 36: Parameterschätzung für die Verkehrsmittelwahl
(Auszug der Schätzung für die Alternative „zu Fuß“, Rad und FlexiBus)

Modellcharakteristika			Szenario Status quo	
Observationsfälle			2994	
McFadden's LRI			0,593	
Likelihood-Ratio			4921	
Bereich	Variable	Beschreibung	Schätzwert	Pr > t
-	Fuß	Konstante	3,4782	0,0015
-	Rad	Konstante	1,8149	0,0031
-	ÖV	Konstante	-0,9129	0,2611
System	ivt	Fahrtzeit logarithmiert	-0,8889	0,0008
	ovt	Zugangszeit logarithmiert	-0,4673	0,1248
	fahrtkosten	Fahrtkosten in €	-1,549	0,016
Person	oe	Erwerbstätig	-1,7072	0,0311
	bildung_fuss	Ausbildungs	-1,6876	0,0338
	zk_fuss	ÖV-Zeitkarte	0,4132	0,0592
	hau_ren_fuss	Rentner/Hausmann	-1,2266	0,1164
	middle_fuss	Altersklasse 25-39	0,7245	0,0097
Informationen	info_radio_fuss	Radio	-1,1637	0,0631
Person	pkw_oev	Pkw-Verfügbarkeit	-1,066	0,0224
	ripe_oev	Altersklasse 40-64	0,6197	0,0852
	middle_oev	Altersklasse 25-39	0,7974	0,0602
	zk_oev	ÖV-Zeitkarte	3,9114	0,0104
	job_oev	Erwerbstätig	-0,4134	0,1628
Fahrt	arbeit_oev	Arbeitsweg	0,7928	0,0605
	ausbildung_oev	Ausbildungsweg	0,8247	0,1348
	freizeit_oev	Freizeitweg	0,6504	0,0617
Informationen	info_online_oev	ÖV-Informationssystem	1,7936	0,0212
	info_radio_oev	Radio	-0,6019	0,1249
	info_fbuch_oev	Fahrplanbuch	2,41	0,0233
Erfahrung	weg_oev	Störung der letzten Fahrt	2,9115	0,0105
Person	middle_rad	Altersklasse 25-39	0,5348	0,0204
	single_rad	Single-Haushalt	-0,3387	0,0981
	zk_rad	ÖV-Zeitkarte	0,2679	0,1981
	hau_raden_rad	Rentner/Hausmann	-1,0191	<,0001
	male_rad	Geschlecht	0,392	0,0206
	pkw_rad	Pkw-Verfügbarkeit	-0,5907	0,0021
Fahrt	regen_rad	Witterung	-0,7892	0,1734
	fakult_rad	fakultative Aktivität	0,356	0,0624
Erfahrung	info_online_rad	ÖV-Informationssystem	-0,7892	0,1734
-	λ_1	Nestkonstante	1,4018	<,0001
	λ_2	Nestkonstante	0,1837	0,0341
	λ_3	Nestkonstante	0,5154	0,0095

Tabelle 37: Parameterschätzung für die Verkehrsmittelwahl

Lebenslauf und Bildungsgang

Persönliche Angaben

Geburtsdatum:

20. Juni 1971 in Duisburg

Schulbildung

1981-1990

Theodor-Heuss-Gymnasium in Duisburg

1977-1981

Städt. Gemeinschaftsgrundschule in Duisburg

Studium

1991-1999

Diplomstudiengang Bauingenieurwesen an der Universität
Duisburg-Essen

Doktorand

2003-2008

Institut für Verkehrswesen, Universität Karlsruhe (TH)

Berufstätigkeit

seit 11/2007

Referent für Prognosemodelle, DB Fernverkehr AG

01/2005-10/2007

Angestellter des Hessischen Landesamtes für Straßen- und
Verkehrswesen in der Projektgruppe Staufreies Hessen 2015

07/1999-12/2004

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Verkehrswesen,
Universität Karlsruhe (TH)

02/1997-07/1998

Studentischer Mitarbeiter am Institut für Verkehrswesen und
Verkehrsbau, Universität Duisburg-Essen

Veröffentlichungen aus dem Institut für Verkehrswesen

(Die mit * versehenen Veröffentlichungen sind vergriffen)

Schriftenreihe des Instituts für Verkehrswesen (ISSN 0341–5503)

Die Hefte der Schriftenreihe können über das Institut für Verkehrswesen zum Preis von 11,00 Euro sowie über den Buchhandel bestellt werden. Mit * gekennzeichnete Hefte sind leider vergriffen.

Heft 68 – Wittowsky, D. (2009)

Dynamische Informationsdienste im ÖPNV – Nutzerakzeptanz und Modellierung

Heft 67 – Geweke, S. (2009)

Wirksamkeit von Verkehrsinformationen und belastungsabhängigen Preisen zur Nutzung von Kapazitätsreserven im Straßennetz

Heft 66 – Kuhnimhof, T. (2007)

Längsschnittmodellierung der Verkehrsnachfrage zur Abbildung multimodalen Verhaltens

Heft 65 – Last, J. (2006)

Barrieren und Potenziale intermodaler Angebotskonzepte im Personenfernverkehr

Heft 64 – Vortisch, P. (2006)

Modellunterstützte Messwertpropagierung zur Verkehrslageschätzung in Stadtstraßennetzen

Heft 63 – Heine-Nims, T. (2006)

Einbeziehung kurzfristiger Verhaltensänderungen bei der Modellierung der Verkehrsnachfrage

Heft 62 – Manz, W. (2005)

Mikroskopische längsschnittorientierte Abbildung des Personenverkehrs

Heft 61 – Eberhard, O. (2005)

Wirkungsanalyse individuell-dynamischer Zielführungssysteme im Straßenverkehr

Heft 60 - Waßmuth, V. (2002)

Modellierung der Wirkungen verkehrsreduzierender Siedlungskonzepte

Heft 59 - Oketch, T. (2001)

A Model for Heterogeneous Traffic Containing Non-Motorised Vehicles

Heft 58* - Lipps, O. (2001)

Modellierung der individuellen Verhaltensvariationen bei der Verkehrsentstehung

Heft 57 - Lee, S. (1999)

Wechselwirkungen zwischen Verkehr und Telekommunikation in einer asiatischen Stadtumgebung

Heft 56 - Kickner, S. (1998)

Kognition, Einstellung und Verhalten – Eine Untersuchung des individuellen Verkehrsverhaltens in Karlsruhe

Heft 55 - Chlond, B. (1996)

Zeitverwendung und Verkehrsgeschehen – Zur Abschätzung des Verkehrsumfangs bei Änderungen der Freizeitdauer

Heft 54 - Schwarzmann, R. (1995)

Der Einfluss von Nutzerinformationssystemen auf die Verkehrsnachfrage

Heft 53 - Reiter, U. (1994)

Simulation des Verkehrsablaufs mit individuellen Fahrbeeinflussungssystemen

Heft 52 - Nickel, F. (1994)

Stationsmanagement von Luftverkehrsgesellschaften - Eine systemanalytische Betrachtung und empirische Untersuchung der Stationsmanagement-Systeme internationaler Luftverkehrsgesellschaften

Heft 51 - Rekersbrink, A. (1994)

Verkehrsflusssimulation mit Hilfe der Fuzzy-Logic und einem Konzept potentieller Kollisionszeiten

Heft 50 - Höfler, F. (1994)

Leistungsfähigkeit von Ortsdurchfahrten bei unterschiedlichen Geschwindigkeitsbeschränkungen - untersucht mit Hilfe der Simulation

Heft 49 - Liu, Y. (1994)

Eine auf FUZZY basierende Methode zur mehrdimensionalen Beurteilung der Straßenverkehrssicherheit

Heft 48 (1992)

30 JAHRE INSTITUT FÜR VERKEHRSWESEN

Heft 47 - Grigo, R. (1992)

Zur Addition spektraler Anteile des Verkehrslärms

Heft 46 - Hsu, T.P. (1991)

Optimierung der Detektorlage bei verkehrsabhängiger Lichtsignalsteuerung

Heft 45 - Schnittger, ST. (1991)

Einfluss von Sicherheitsanforderungen auf die Leistungsfähigkeit von Schnellstraßen

Heft 44 - Zoellmer, J. (1991)

Ein Planungsverfahren für den ÖPNV in der Fläche

Heft 43 - Aly, M.S. (1989)

Headway Distribution Model and Interrelationship between Headway and Fundamental Traffic Flow Characteristics

Heft 42 - Heidemann, D. (1989)

Ein mathematisches Modell des Verkehrsflusses

Heft 41 - Becker, U. (1989)

Beobachtung des Straßenverkehrs vom Flugzeug aus: Eigenschaften, Berechnung und Verwendung von Verkehrsgrößen

Heft 40 - Axhausen, K. (1989)

Eine ereignisorientierte Simulation von Aktivitätenketten zur Parkstandwahl

Heft 39 - Maier, W. (1988)

Bemessungsverfahren für Befragungszählstellen mit Hilfe eines Warteschlangenmodells

Heft 38 - Bleher, W.G. (1987)

Messung des Verkehrsablaufs aus einem fahrenden Fahrzeug – Beurteilung der statistischen Genauigkeit mittels Simulation

Heft 37* - Möller, K. (1986)

Signalgruppenorientiertes Modell zur Optimierung von Festzeitprogrammen an Einzelknotenpunkten

Heft 36* (1987)

25 JAHRE INSTITUT FÜR VERKEHRSWESEN

Heft 35 - Gipps, P.G. (1986)

Simulation of Pedestrian Traffic in Buildings

Heft 34 - Young, W. (1985)

Modelling the Circulation of Parking Vehicles - A Feasibility Study

Heft 33 - Stucke, G. (1985)

Bestimmung der städtischen Fahrtenmatrix durch Verkehrszählungen

Heft 32 - Benz, TH. (1985)

Mikroskopische Simulation von Energieverbrauch und Abgasemission im Straßenverkehr (MISEVA)

Heft 31* - Baass, K. (1985)

Ermittlung eines optimalen Grünbandes auf Hauptverkehrsstraßen

Heft 30 - Bosserhoff, D. (1985)

Statistische Verfahren zur Ermittlung von Quelle-Ziel-Matrizen im Öffentlichen Personennahverkehr - Ein Vergleich

Heft 29 - Haas, M. (1985)

LAERM - Mikroskopisches Modell zur Berechnung des Straßenverkehrslärms

Heft 28 - May, A.D. (1984)

Traffic Management Research at the University of California

Heft 27* - Mott, P. (1984)

Signalsteuerungsverfahren zur Priorisierung des Öffentlichen Personennahverkehrs

Heft 26* - Hubschneider, H. (1983)

Mikroskopisches Simulationssystem für Individualverkehr und Öffentlichen Personennahverkehr

Heft 25* (1982)

20 JAHRE INSTITUT FÜR VERKEHRSWESSEN - Ein Institut stellt sich vor

Heft 24* - Leutzbach, W. (1982)

Verkehr auf Binnenwasserstraßen

Heft 23* - Jahnke, C.-D. (1982)

Kolonnenverhalten von Fahrzeugen mit autarken Abstandswarnsystemen

Heft 22* - Adolph, U.-M. (1981)

Systemsimulation des Güterschwerverkehrs auf Straßen

Heft 21* - Allsop, R.E. (1980)

Festzeitsteuerung von Lichtsignalanlagen

Heft 20* - Sparmann, U. (1980)

ORIENT - Ein verhaltensorientiertes Simulationsmodell zur Verkehrsprognose

Heft 19* - Willmann, G. (1978)

Zustandsformen des Verkehrsablaufs auf Autobahnen

Heft 18* - Handschmann, W. (1978)

Sicherheit und Leistungsfähigkeit städtischer Straßenkreuzungen unter dem Aspekt der Informationsverarbeitung des Kraftfahrzeugführers

Heft 17* - Zahn, E.M. (1978)

Berechnung gesamtkostenminimaler außerbetrieblicher Transportnetze

Heft 16* - Sahling, B.-M. (1977)

Verkehrsablauf in Netzen - ein graphentheoretisches Optimierungsverfahren

Heft 15 - Laubert, W. (1977)

Betriebsablauf und Leistungsfähigkeit von Kleinkabinenbahnstationen

Heft 14* - Bahm, G. (1977)

Kabinengröße und Betriebsablauf neuer Nahverkehrssysteme

Heft 13* - Haenicke, W. (1977)

Der Einfluss von Verflechtungen in einem bedarfsorientierten Nahverkehrssystem auf die Reisegeschwindigkeit

Heft 12 - Koffler, TH. (1977)

Vorausschätzung des Verkehrsablaufs über den Weg

Heft 11 - Pape, P. (1976)

Weglängen-Reduzierung in Fluggast-Empfangsanlagen durch flexible Vorfeldpositionierung

Heft 10 - Thomas, W. (1974)

Sensitivitätsanalyse eines Verkehrsplanungsmodells

Heft 9* - Köhler, U. (1974)

Stabilität von Fahrzeugkolonnen

Heft 8* - Wiedemann, R. (1974)

Simulation des Straßenverkehrsflusses

Heft 7* - Bey, I. (1972)

Simulationstechnische Analyse der Luftfrachtabfertigung

Heft 6* (1972)

10 JAHRE INSTITUT FÜR VERKEHRSWESEN

Heft 5 - Droste, M. (1971)

Stochastische Methoden der Erfassung und Beschreibung des ruhenden Verkehrs

Heft 4* - Böttger, R. (1970)

Die numerische Behandlung des Verkehrsablaufs an signalgesteuerten Straßenkreuzungen

Heft 3* - Koehler, R. (1968)

Verkehrsablauf auf Binnenwasserstraßen - Untersuchungen zur Leistungsfähigkeitsberechnung und Reisezeitverkürzung

Heft 2* - Stoffers, K.E. (1968)

Berechnung von optimalen Signalzeitenplänen

Heft 1* - Baron, P.S. (1967)

Weglängen als Kriterium zur Beurteilung von Fluggast-Empfangsanlagen

Sonderdruck 1/96 – Leutzbach, W.

Institutsgeschichte 1962 - 1991

Sonderdruck 2/96

ÖPNV in Mittelstädten – Dokumentation eines Fachgesprächs mit Planungshinweisen

Sonderdruck 3/03

80 Jahre Wilhelm Leutzbach – Vorträge zur Festveranstaltung am 14. November 2002.

Im Buchhandel erhältliche Publikationen

Saunders, M. J.; Chlond, B.; Kuhnimhof, T.; da Silva, A. N. R. (2008)

Incorporating transport energy into urban planning, in: Transportation Research Part A: Policy and Practice (42), Issue 6, S. 874 - 882, Elsevier 2008

Mühlhans, H.; Chlond, B.; Zumkeller D. (2008):

Abschätzung der zukünftigen Entwicklung von Verkehr und Mobilität in der Region Frankfurt Rhein-Main bis zum Jahr 2030 – Methodisches Konzept und ausgewählte Ergebnisse, in : FGSV (Hrsg.): Heureka 2008 (Optimierung in Verkehr und Transport 5./6. März 2008, Stuttgart/Köln 2008, S.198 - 217

Last, J., Zumkeller., D. (2008)

„Intermodaler Personenfernverkehr und die Bedeutung der „letzten Meile“, in: Der Nahverkehr, Heft 1-2/ 2008

Chlond, B.: Ottmann, P. (2007)

Das Mobilitätsverhalten Alleinerziehender und ihre Aktivitäten außer Haus. In: Deutsche Zeitschrift für Kommunalwissenschaften (46) 2007/II, S. 49-61

Zumkeller, D., (2007)

„Prognosen in der kommunalen Verkehrsplanung“, in: Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Hrsg.: Apel; Holzapfel; Kiepe; Lehmbrock; Müller; Economica Verlag Bonn, 46. Ergänzungslieferung, Teil 3.2.3.1, 2007

Kuhnimhof, T., Chlond, B., Zumkeller, D., (2006).

„Nonresponse, Selectivity and Data Quality in Travel Surveys - Experiences from Analyzing the Recruitment for the German Mobility Panel“ in: Transport Research Board (Hrsg.), Travel Survey Methods, Information Technology and Geospatial Data, Transport Research Record, No. 1972, 2006, ISBN 0-309-09981-1, S. 29-37

Zumkeller, D., Vallée, D. (2006)

„Die Zukunft wird unzuverlässiger – Renaissance der Planung angesichts des demographischen Wandels?“, in: Straßenverkehrstechnik 11/2006, S. 657-664

Zumkeller, D., Madre J-L.; Chlond, B.; Armoogum, J. (2006)

„Panel Surveys“, paper presented for Costa Rica Conference 2004, August 1-6, 2004. In: Stopher, P., Stecher, Ch. (Hrsg.): Travel Survey Methods. Quality and Future Directions, Elsevier Oxford/Amsterdam 2006, ISBN 978-0-08-044662-2, S. 363-389

Chlond, B., Zumkeller, D., et.al (2006)

„Hinweise zu verkehrlichen Konsequenzen des demographischen Wandels“, Arbeitspapier zum Arbeitskreis 1.1.30 / 1.6.7 / 1.11.19 der FGSV, FGSV (Hrsg.) 144/2006, ISBN 3-937356-80-0

Zumkeller, D., Weißkopf, W. (2006)

„Ausreichende Verkehrsbedienung – wie sie sich bestimmen lässt. Erfahrungen mit der Leitlinie zur Nahverkehrsplanung in Bayern“, in: Der Nahverkehr, 1-2 / 2006, S. 42-47

Zumkeller, D., (2005)

„Stagniert die Nachfrage im Personenverkehr?“, Vortrag beim DVWG-Workshop Demografischer Wandel, Mobilität und Verkehr am 19. Oktober 2004 in Kaiserslautern, in: Schriftenreihe der Deutschen Verkehrswissenschaftlichen Gesellschaft e.V. DVWG, Reihe B, Heft B 279/2005, ISBN 3-937877-09-6, S. 94-123

Zumkeller, D., (2004)

„Verkehrliche Wirkungen des demografischen Wandels – Erkenntnisse aus zehn Jahren Panel“, Vortrag beim Deutschen Straßen- und Verkehrskongress der FGSV, 13.-15. Oktober 2004 in Berlin, in: Straßenverkehrstechnik 12/04, S. 651–658 und in: FGSV (Hrsg.), FGSV 001/20: Deutscher Straßen- und Verkehrskongress 2004, CD-ROM, ISBN 3-937356-67-3

Zumkeller, D./ Chlond, B./ Manz, W. (2004)

„Infrastructure Development under Stagnating Demand Conditions – a new Paradigm?“, Conference paper presented at TRB Annual Meeting January 11-15, 2004 in Washington DC, In: Transportation Research Record No. 1864, Transportation Finance, Economics and Economic Development 2004, S. 121–128.

Zumkeller, D. (2004)

„Fördert Telekommunikation den Bedeutungsverlust der Nähe? – ein Zukunftsbild unserer Mobilität“, Vortrag bei der Tagung „City.net – Städte im Zeitalter der Telekommunikation“ am 19.6.2003 in Weimar, in: Hassenpflug, D., Tegeder G. (Hrsg.), City.net – Städte im Zeitalter der Telekommunikation, Marburg 2004, ISBN 3-8288-8711-2, S. 149-173.

Zumkeller, D./ Allsop, R. (Hrsg.) (2003)

Kleines Fachwörterbuchs Verkehrswesen Englisch-Deutsch/Deutsch-Englisch, Klett-Verlag (PONS-Wörterbücher), ISBN 3-12-518276-6

Zumkeller, D. (2002)

„Ein Zukunftsbild unserer Mobilität“, Vortrag beim 5. Mainauer Mobilitätsgespräch am 17. Juli 2002, in: 5. Mainauer Mobilitätsgespräch, Mainauer Gesprächsbeiträge zu gesellschaftlichen Fragen unserer Zeit, Schriftenreihe der Lennart Bernadotte-Stiftung, S. 11-18, ISBN 3-926937-90-4

Zumkeller, D. (2002)

„Transport and Telecommunication: First Comprehensive Surveys and Simulation Approaches“, in: Mahmassani, H.S. (Hrsg.): In Perpetual Motion: Travel Behavior Research Opportunities and Application Challenges, Amsterdam et al., ISBN 0-08-044044-4

Zumkeller, D. (2001)

„Personenverkehr“, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Forschungsberichte, Hrsg. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau, Straßenverkehr, Bonn–Bad Godesberg, Heft 800/2001, ISBN 3–934458–2

Zumkeller, D. (2001)

„Telekommunikation, Telematik und Verkehr im Jahre 2020 – Ein Zukunftsbild unserer Mobilität“, in: Perspektiven und Konzepte für Mobilität und Infrastruktur, Analysen, Materialien und Forschung des Mobilitätungskongresses 2000 vom 8./9. November in Berlin, Hrsg. InformationsZentrum Beton GmbH, 2001, S. 134–145

Zumkeller, D. (2001)

„The Impact of Telecommunication and Transport on Spatial Behaviour“, in: Henscher, David, International Association for Travel Behaviour Research (Hrsg.): Travel Behaviour Research – The Leading Edge IATBR ‘2000, the 9th Meeting of the International Association for Travel Behaviour Research, Brisbane, Australia 2000, ISBN 008–043924–1

Zumkeller, D. (2001)

„Erhebungen, Prognose- und Szenariotechnik“, in: Der Ingenieurbau – Fachwissen Verkehr, Wiley–VCH–Verlag, Weinheim

Zumkeller, D./ Köhler, U. (2001)

„Induzierter Verkehr“, Kap. A-9 in: Köhler, U. (Hrsg.), Ingenieurbau: Verkehr – Straße, Schiene, Luft, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2001, ISBN 3-433-01576-7, S. 120-125 sowie Kap. B-2.2, S. 153-167, B-2.4, S. 192-204

Zumkeller, D. (2000)

„Eigenschaften von Paneluntersuchungen – Anwendungen und Einsatzmöglichkeiten im Verkehrsbereich“, in: Dynamische und statische Elemente des Verkehrsverhaltens – Das Deutsche Mobilitätspanel, Wissenschaftliches Kolloquium in Karlsruhe am 28./ 29. September 2000, Reihe B 234, S. 3–34, ISBN 3–933392–34–9

Chlond, B.; Manz, W. (2000)

„INVERMO. Das Mobilitätspanel für den Fernverkehr“, in: Dynamische und statische Elemente des Verkehrsverhaltens – Das Deutsche Mobilitätspanel, Reihe B 234, S. 203–227, ISBN 3–933392–34–9

Lipps, O. (2000)

„Variation im individuellen Mobilitätsverhalten und Anwendungsmöglichkeiten für die Verkehrsplanung“, in: Dynamische und statische Elemente des Verkehrsverhaltens – Das Deutsche Mobilitätspanel, Reihe B 234, S. 203–227, ISBN 3–933392–34–9

Zumkeller, D.; Schwarzmann, R.; Heinze, G.W.; Kill, H.H. (2000)

50 Jahre Straßenwesen in der Bundesrepublik Deutschland. 1949–1999. Ein Rückblick, Hrsg. Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn, ISBN 3–00–007506–2

Zumkeller, D. (1999)

„Verkehr und Telekommunikation – Grundlagen und Simulationsansätze“, in: Arbeitsmaterial der Akademie für Raumforschung und Landesplanung – Hannover ARL, Nr. 251, ISBN 3–88838–651–9

Zumkeller, D. (1999)

„Verhaltensmodelle in den Verkehrswissenschaften“, Verhaltensänderungen im Verkehr: „Restriktionen versus Soft-Policies“, Ergebnisse der Veranstaltung X der Workshop-Reihe im Themenbereich Verkehr und Raumstruktur, Akademie für Technikfolgenabschätzung, Arbeitsbericht Nr. 147, Stuttgart-Hohenheim

Zumkeller, D.; Chlond, B.; Lipps, O. (1998)

„Das Mobilitäts-Panel (MOP) – Konzept und Realisierung einer bundesweiten Längsschnittbeobachtung“, in: Hrsg. Deutsche Verkehrswissenschaftliche Gesellschaft, 9. DVWG-Workshop über Verkehrsstatistik: „Innovative Konzepte und Methoden – dringlicher denn je“, Reihe B 217, S. 33–53, Heilbronn

Zumkeller, D.; Chlond, B. (1997)

„Future Time Use and Travel Time Budget Changes – Estimation Transportation Volumes in the Case of Increasing Leisure Time“, IATBR '97, the 8th Meeting of the International Association for Travel Behaviour Research, Austin, Texas

Zumkeller, D. (1997)

„Modelle und Szenarien der Verkehrsplanung“, in: Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Hrsg.: Apel; Holzappel; Kiepe; Lehmbruck; Müller; Economia Verlag Bonn, 18. Ergänzungslieferung, Teil 3.2.4. 1, S.1–27

Zumkeller, D.; Blechinger, W.; Chlond, B.; Seitz, H.; Axhausen, K.; van Maanen, T. (1994)

„Paneluntersuchungen zum Verkehrsverhalten“, Hrsg. Bundesministerium für Verkehr, Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 688 Bonn–Bad Godesberg

Zumkeller, D., Seitz, H. (1993)

„Aufbereitung vorhandener Daten für Verkehrsplanungszwecke als Ersatz für neue Befragungen“, Hrsg. Bundesministerium für Verkehr, Forschung, Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 642, Bonn–Bad Godesberg

Zumkeller, D. et al. (1993)

Part I: Europe: A Heterogeneous 'Single Market' und Part III: Germany: On the Verge of a New Era, in: Salomon, I.; Bovy, P.; Orfeuil, J.-P. (Hrsg.): "A Billion Trips a Day - Tradition and Transition in European Travel Patterns", Kluwer Academic Publishers Group, Dordrecht, ISBN 0-7923-229-5

Zumkeller, D., Steinbach, J. (1992)

„Integrierte Planung von Hochgeschwindigkeitsverkehr in Europa“, Hrsg. Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung, Heft 4, Bonn

Zumkeller, D. (1989)

„Ein sozialökologisches Verkehrsmodell zur Simulation von Maßnahmewirkungen“, Diss., TU-Braunschweig 1988, in: Veröffentlichungen des Instituts für Stadtbauwesen, TU Braunschweig, ISSN 0341-5805

Leutzbach, W. (1988)

Introduction to the Theorie of Traffic Flow, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York, ISBN 3-540-17113-4

Wiedemann, R.; Hubschneider, H. (1987)

„Simulationsmodelle“, in: Lapiere, R; Steierwald, G. (Hrsg.) Verkehrsleittechnik für den Straßenverkehr, Band 1, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, ISBN 3-540-16850-8

Ruppert, W.-R.; Leutzbach, W.; Adolph, U.-M. et al. (1981)

Achslasten und Gesamtgewichte schwerer Lkw, Nutzen-Kosten-Untersuchung der zulässigen Höchstwerte, Hrsg. Bundesminister für Verkehr, Verlag TÜV Rheinland GmbH, Köln, ISBN 3-88585-035-4

Herz, R.; Schlichter, H.-G.; Siegener, W. (1976)

Angewandte Statistik für Verkehrs- und Regionalplaner, Werner-Ingenieur-Texte 42, Werner-Verlag, Düsseldorf, ISBN 3-8041-1934-4, 2. neu bearbeitete und erweiterte Auflage (1992), ISBN 3-8041-1971-9

Beckmann, H.; Jacobs, F.; Lenz, K.-H.; Wiedemann, R.; Zackor, H. (1973)

Das Fundamentaldiagramm, Kirschbaum-Verlag, Bad Godesberg, ISBN 3-7812-0846X

Leutzbach, W. (1972)

Einführung in die Theorie des Verkehrsflusses, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, ISBN 3--540-05724-2

Lenz, K.-H.; Garsky, J. (1968)

Anwendung mathematisch-statistischer Verfahren in der Straßenverkehrstechnik, Kirschbaum-Verlag, Bad Godesberg