



Lehrstuhl für Verkehrstechnik
Technische Universität München
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch

Schriftenreihe Heft 8

Ulrich Lange

Wirkung komplexer Maßnahmen auf die Verkehrsmittelwahl von Umlandpendlern

München 2009

Die Deutsche Bibliothek – CIP Einheitsaufnahme

Lange, Ulrich:

Wirkung komplexer Maßnahmen auf die Verkehrsmittelwahl
von Umlandpendlern

Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrstechnik
der Technischen Universität München, Heft 8

Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2007

ISBN 978-3-937631-08-0

Copyright ©

Lehrstuhl für Verkehrstechnik der Technischen Universität München 2009

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder
vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und
der Übersetzung, vorbehalten.

Druck: TypeSet GmbH, Ismaning

ISBN 978-3-937631-08-0

ISSN 1612-9431

Lehrstuhl für Verkehrstechnik · Institut für Verkehrswesen

Technische Universität München · 80333 München

Telefon: 089 / 289 – 22438, Telefax: 089 / 289 - 22333, E-Mail: info@vt.bv.tum.de

Internet: www.vt.bv.tum.de

Bei der vorliegenden Veröffentlichung handelt es sich um die Dissertation von
Herrn Dr.-Ing. Ulrich Lange

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gebhart Wulfhorst, TU München

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Fritz Busch, TU München
2. Univ.-Prof. Dr. techn. Jürgen Schönharting,
Universität Duisburg-Essen
3. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Kirchhoff, i. R.

Wirkung komplexer Maßnahmen auf die Verkehrsmittelwahl von Umlandpendlern

Zusammenfassung	I
1 Problemstellung, Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	1
2 Beschreibung von komplexen Maßnahmen zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl	6
2.1 Störfallmanagement bei der S-Bahn	6
2.2 Stadt-Umland-Bahn	7
2.3 Bus-Zubringer zum regionalen SPNV	9
2.4 Parkraummanagement in innenstadtnahen Mischgebieten	11
2.5 Bike-and-Ride	14
2.6 Park-and-Ride	15
3 Differenzierung der Maßnahmen in Szenarien	17
3.1 Störfallmanagement der S-Bahn	18
3.2 Stadt-Umland-Bahn (SUB)	19
3.3 Buszubringer zum regionalen SPNV	21
3.4 Bike-and-Ride	22
3.5 Park-and-Ride	23
3.6 Parkraummanagement in innenstadtnahen Mischgebieten	25
4 Auswahl eines Verfahrens zur Vorhersage der Verkehrsmittelwahl	27
4.1 Grundzüge vorhandener Verfahren	27
4.2 Anforderungen aus der vorliegenden Aufgabenstellung	33
4.3 Gewähltes Verfahren	35
5 Verfahrensschritte zur Ermittlung der Modal-Split-Änderungen	36
5.1 Algorithmus	36
5.2 Widerstandsberechnung	37
5.3 Anpassung der Widerstände an den Anwendungsfall	39
5.4 Sensitivität der Modal-Split-Änderungen	49

5.5	Rechengang	57
5.5.1	Aufbereitung der Daten	57
5.5.2	Erstellen und Nummerieren der Streckenelemente	58
5.5.3	Formatieren der Teilstreckendateien	59
5.5.4	Ermittlung der Routen	60
5.5.5	Berechnung der Änderungen der ÖPNV-Anteile $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$	61
5.6	Form der Ergebnisdarstellung	62
5.7	Kritische Auseinandersetzung mit dem Verfahren	63
5.7.1	Formulierung des Modells	63
5.7.2	Anwendung des Modells	64
6	Ermittlung der Wirkungen	66
6.1	Definition der Wirkungen	66
6.2	Wirkung der Einzelmaßnahmen	67
6.2.1	Gesamtzahl der verlagerten Fahrten	67
6.2.2	Räumliche Differenzierung der Maßnahmenwirkungen	69
6.3	Wirkung von Maßnahmenkombinationen	82
6.3.1	Kombination sämtlicher Maßnahmen	82
6.3.2	Kombination bestimmter Maßnahmen	85
7	Diskussion der Maßnahmenwirkungen	89
	Literaturverzeichnis	94
	Glossar	97

Zusammenfassung

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojektes MOBINET (2003) wurden am Beispiel der Region München u. a. Maßnahmen entwickelt, die den Modal-Split der Pendler zwischen Umland und Kernstadt zugunsten des ÖPNV verändern sollten. Neben der Verbesserung der Attraktivität des ÖPNV wird die Verfügbarkeit von Langzeitparkplätzen in den innenstadtnahen Bereichen verringert. Die einzelnen Maßnahmen sind nachfolgend in ihrem Zusammenhang dargestellt:

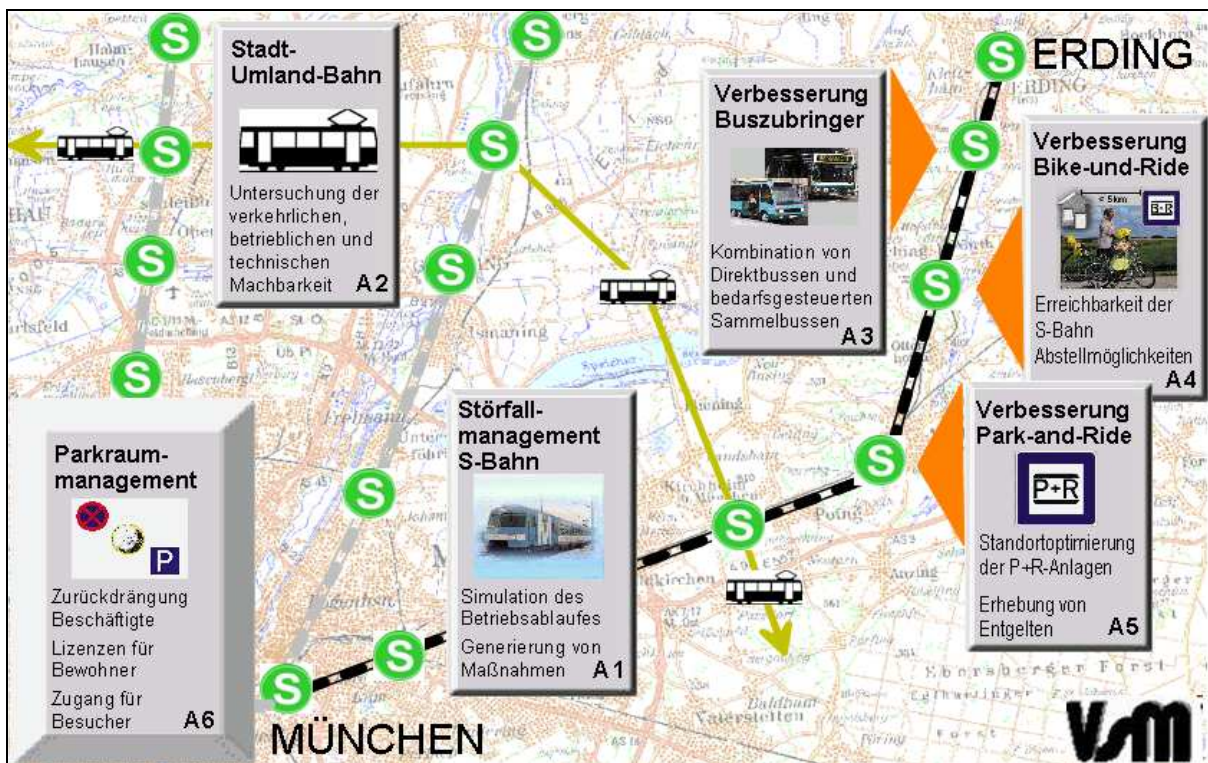


Abb. 0-1: Gliederung des Arbeitsbereichs A des Forschungsprojektes MOBINET

Quelle: Abschlussbericht MOBINET, Arbeitsbereich A

Die Maßnahmen A3, A4, A5 und A6 wurden im Rahmen von Demonstratoren umgesetzt. Hier konnten Vorher-Nachher-Untersuchungen angestellt werden. Für die Maßnahmen A1 und A2 war es angesichts der begrenzten Laufdauer des Projektes nur möglich Simulationen durchzuführen. Aus den Ergebnissen solcher räumlich und zeitlich begrenzten Analysen lässt sich aber kein Schluss ziehen, wie sich die Verkehrsmittelwahl der Umlandpendler verändern wird, wenn die Maßnahmen in ihrer Gesamtheit für die gesamte Region München realisiert worden sind. Dies ist jedoch die Frage, die von der Politik gestellt wird, bevor sie grünes Licht für eine umfassende Umsetzung der Maßnahmen gibt.

Mit der Beantwortung dieser Frage befasst sich die vorliegende Arbeit. Sie analysiert und bewertet die genannten Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssituation. Dabei geht es zunächst um Einzelmaßnahmen, anschließend aber auch um die Wechselwirkung dieser Einzelmaßnahmen untereinander. Die Bewertung erfolgt mittels eines Vergleichs des angestrebten zukünftigen Zustands mit dem bisherigen Zustand. Die Komplexität der Aufgabenstellung ergibt sich sowohl aus der Größe des Untersuchungsraums als auch aus den bei der Bewertung von Verbundmaßnahmen auftretenden Methodenproblemen.

Zur Abschätzung der Wirkungen, die von Maßnahmen zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl ausgehen, dienen sogenannte Modal-Split-Modelle, welche die Verkehrsmittelwahl in Abhängigkeit von der Ausprägung des Verkehrsangebots abbilden. Im Verlauf der letzten Jahrzehnte ist eine Vielzahl solcher Modelle entwickelt worden. Bei diesen Modellen tritt jedoch das Problem auf, dass die einfach strukturierten Modelle, die mit leicht zu beschaffenden Daten auskommen, die Wirkungen nur sehr ungenau wiedergeben, und eine genauere Vorhersage der Wirkungen komplexe Modelle mit umfangreichen und meist nur schwer zu beschaffenden Daten erfordert.

Der eine Schwerpunkt dieser Arbeit lag deswegen auf der Untersuchung von Modal-Split-Modellen im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit bei der vorliegenden Problemstellung. Aufgrund der Art der verfügbaren Daten und ihrem Umfang, aber auch wegen der aus der Verwaltung kommenden Forderung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Untersuchungen, fiel die Entscheidung für das in der „Standardisierten Bewertung für Verkehrswegeinvestitionen im öffentlichen Personennahverkehr“ verwendete Modal-Split-Änderungsmodell:

$$\Delta a_{ij,\ddot{O}V} = \frac{1}{1, 1 + e^{g_1 + g_2 \cdot \frac{w_{ij,JV}}{w_{ij,\ddot{O}V}(m)}}} - \frac{1}{1, 1 + e^{g_1 + g_2 \cdot \frac{w_{ij,JV}}{w_{ij,\ddot{O}V}(o)}}$$

- $w_{ij,Vm}$ Widerstand auf der Strecke $i \rightarrow j$ mit Verkehrsmittel Vm
 ($Vm = MIV$ oder $\ddot{O}PNV$),
 (m) Mit-Fall,
 (o) Ohne-Fall,
 g Gewicht (Parameter).

Die Widerstände w werden hierbei aus Einflussgrößen gebildet, die sich aus den oben genannten Maßnahmen ergeben. Wegen ihrer unterschiedlichen Dimensionen müssen sie in Reisezeitäquivalente umgerechnet werden. Dabei zeigte sich, dass die Vorgaben aus der Standardisierten Bewertung zu unempfindlich bzw. unpassend in Bezug auf die beabsichtigten Wirkungen der Maßnahmen des Forschungsprojektes sind. Eine der wesentlichen wissenschaftlichen Aufgaben dieser Arbeit war es deswegen, die vorgegebenen Parameter zu verfeinern und, wo nötig, zu erweitern oder umzudefinieren. Um dadurch keine unkontrollierten Änderung der Modal-Split-Anteile zu verursachen, wurde vorab der Wirkungsbereich der Parameter mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse abgeklärt.

Der andere Schwerpunkt der Arbeit lag in der Ermittlung der Wirkungen mit Hilfe des modifizierten Modal-Split-Modells. Hierbei mussten rechentechnische Probleme gelöst werden, denn durch die Einbeziehung auch der Wechselwirkungen der Maßnahmen und der großen Ausdehnung des Untersuchungsgebietes musste eine sehr große Menge an Daten verarbeitet werden, die übliche Umfänge bei weitem übertraf.

Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Dominanz der Pull-Maßnahme „Verbesserung des Störfallmanagements bei der S-Bahn“ und der Push-Maßnahme „Parkraummanagement“, welche die Parkplätze am Straßenrand bewirtschaftet und damit die Pkw-Benutzung im Berufsverkehr verteuert. Diese Dominanz zeigt sich sowohl bei der Einzelwirkung der Maßnahmen als auch bei der Wirkungskombination. Außerdem wird bestätigt, dass großflächig bzw. auf lange Strecken wirkende Maßnahmen ausgeprägtere Veränderungen der Modal-Split-Anteile hervorrufen als punktuell wirkende Maßnahmen. Zur Wirkung des Störfallmanagements ist anzumerken, dass die Störungsanfälligkeit der S-Bahn zum Zeitpunkt der Durchführung des Forschungsvorhabens MOBINET besonders groß war und die Verkehrsteilnehmer deswegen hinsichtlich dieser Einflussgröße der Verkehrsmittelwahl sensibilisiert waren.

Maßnahmen zur Veränderung des Modal Splits zeigten in dünn besiedelten Quellgebieten des Berufspendlerverkehrs (an den Rändern und in den Räumen zwischen den S-Bahn-Achsen) nur eine geringe Wirkung. In den Zielgebieten des Berufsverkehrs entsteht dagegen aus vielen kleinen Teilwirkungen eine große Gesamtwirkung.

Bei der Kombination von Maßnahmen wird oft befürchtet, dass die Maßnahmen untereinander konkurrieren und sich gegenseitig negativ beeinflussen. So könnte z. B. eine Verbesserung des P+R-Angebots zu geringeren Fahrgastzahlen im Zubringerbusverkehr führen. In dieser Arbeit konnte jedoch gezeigt werden, dass dies nicht der Fall ist. Das Angebot verschiedener Zubringersysteme zur S-Bahn erhöht dagegen die Anzahl der S-Bahn-Benutzer und verbessert damit in der Wechselwirkung den Modal-Split.

Insgesamt reagiert das System nur träge auf Veränderungen des Widerstandsverhältnisses zwischen MIV und ÖPNV. Um deutliche Veränderungen des Modal-Splits zugunsten des ÖPNV zu erreichen, sind deshalb Maßnahmen mit hoher Wirksamkeit bei beiden Systemen erforderlich. Der größte Effekt entsteht, wenn angebotsverbessernde Maßnahmen im ÖPNV mit angebotseinschränkenden Maßnahmen des MIV miteinander kombiniert werden. Dieses Erkenntnis ist nicht neu, wird aber anhand einer großflächigen und multifunktionalen Untersuchung wie der vorliegenden deutlich unterstrichen. Dies hilft, entsprechende politische Entscheidungen zu erleichtern und durchzusetzen.

1 Problemstellung, Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

In den großen Ballungsräumen treten während der Hauptverkehrszeiten im motorisierten Individualverkehr (MIV) Belastungen auf, die große verkehrstechnische, ökologische und ökonomische Probleme verursachen. Sie resultieren zu einem großen Teil aus Pendlerbeziehungen, die sowohl innerhalb der Kernstadt als auch zwischen Umland und Kernstadt verlaufen. Die Folgen sind eine Überlastung der innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen und der Einfallstraßen sowie ein hoher Parkdruck in der Innenstadt und den innenstadtnahen Mischgebieten. Da ein Ausbau der Straßeninfrastruktur einschließlich der Anlagen für den ruhenden Verkehr technisch und finanziell nur noch begrenzt möglich ist und eine weitere Steigerung der Umweltbelastung nicht mehr akzeptabel ist, muss ein Teil dieses MIV auf den ÖPNV verlagert werden.

Durch eine Verbesserung des innerstädtischen ÖPNV und ein innerstädtisches Parkraummanagement konnte eine Verlagerung vom MIV zum ÖPNV im Berufs-Binnenverkehr der Kernstädte bereits weitgehend erreicht werden. Um auch im Pendlerverkehr aus dem Umland einer solchen Verlagerung näher zu kommen, ist es notwendig, in gleicher Weise wie in den Kernstädten Maßnahmen zur Erhöhung der Angebotsqualität des ÖPNV sowie zur Einschränkung der Attraktivität des MIV zu ergreifen.

Da nur ein geringer Teil der Umlandpendler im fußläufigen Bereich der Bahn wohnt, muss auch für einen guten Zugang zur Bahn gesorgt werden. Da die Qualität des Bus-Zubringerverkehrs hinsichtlich Bedienungshäufigkeit und Erschließungsdichte systembedingt an Grenzen stößt, lässt sich eine hohe Nutzung des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) nur erreichen, wenn auch das Angebot an Park-and-Ride-Einrichtungen (P+R) und Bike-and-Ride-Einrichtungen (B+R) verbessert wird.

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Forschungsprojektes MOBINET (2003) wurden am Beispiel der Region München Maßnahmen entwickelt, die einerseits die Attraktivität des ÖPNV verbessern und gleichzeitig die Verfügbarkeit von Langzeitparkplätzen in den innenstadtnahen Bereichen Münchens verringern sollen. Zu den im Arbeitsbereich A des Projektes MOBINET behandelten Problemen und gesuchten Lösungen werden im Schlussbericht folgende Ausführungen gemacht:

„Rückgrat des ÖPNV im Ballungsraum München ist die S-Bahn. Sie weist eine Reihe von Mängeln auf, die einer vollständigen Ausschöpfung des Fahrgastpotenzials entgegenstehen. Dies sind vor allem ein zu geringes Platzangebot in der Hauptverkehrszeit und eine hohe Störanfälligkeit. Die Probleme werden verschärft durch eine unzureichende Fahrgastinformation. Die Erhöhung des Platzangebots ist in erster Linie ein finanzielles Problem: Eine generelle Verdichtung des Taktes stößt an Grenzen der finanziellen Leistungsfähigkeit sowie an infrastrukturelle Engpässe. Sie lässt sich nicht durch Forschung, sondern nur durch die Verbesserung der finanziellen Ausstattung des ÖPNV lösen. Hier sind bereits Bemühungen zur Realisierung eines 10-Minuten-Taktes auf den am stärksten belasteten Streckenästen im Gange. Häufige Ursachen von Störungen sind der Mischbetrieb mit dem Fernverkehr, eingleisige Strecken, die Bün-

delung aller Linien auf der Verbindungsstrecke zwischen Hauptbahnhof und Ostbahnhof („Stammstrecke“) und eine überalterte Infrastruktur. Auch hier sind Verbesserungen geplant bzw. bereits in Umsetzung. Die Auswirkungen von Störungen können verringert und die diesbezügliche Information der Fahrgäste verbessert werden, wenn die Bahn in stärkerem Umfang als bisher die Möglichkeiten der Telematik nutzt.

Die Bewohner der Siedlungsgebiete zwischen diesen Achsen sind auf einen meist unattraktiven Bus-Zubringerverkehr zur S-Bahn angewiesen und benutzen deshalb größtenteils das Auto. Es stellt sich die Frage, ob durch eine Stadt-Umland-Bahn nach den Vorbildern Karlsruhe und Saarbrücken die ÖPNV-Potenziale in den Achsenzwischenräumen besser ausgeschöpft werden können, zumal wenn davon auszugehen ist, dass das kernstadtnahe Umland sowohl durch Wohnbevölkerung als auch durch Gewerbe stärker besiedelt werden wird. Es stellt sich aber auch die Frage, ob eine solche Bahn technisch, finanziell und politisch machbar ist.

Einen generellen Schwachpunkt des ÖPNV im Ballungsraum stellt der Buszubringerverkehr aus der Fläche zu den Haltestellen des regionalen Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) dar. Er ist gekennzeichnet durch einen starren Linienbetrieb mit stark mäandrierender Linienführung und einer geringen Fahrtenhäufigkeit. Während die Erhöhung der Fahrtenhäufigkeit im Buszubringerverkehr ebenfalls primär ein finanzielles Problem darstellt, kann die Starrheit des Linienbetriebs durch den Einsatz nachfragegesteuerter Betriebsformen überwunden werden. Dadurch lassen sich entweder bei gleichbleibendem Angebot die Kosten senken oder bei gleichbleibenden Kosten das Angebot verbessern. Hierfür gibt es zwar schon seit längerem Ansätze, sie müssen aber konsequent weiterentwickelt werden.

Eine Begrenzung des MIV sollte vor allem durch Maßnahmen des Verkehrsmanagements angestrebt werden. Ein Rückbau der Straßeninfrastruktur eignet sich hierfür nicht, weil dadurch Engpässe entstehen, die ihrerseits Stau zur Folge haben. Ein wichtiger Ansatzpunkt für restriktive Maßnahmen gegenüber dem MIV ist eine flächendeckende Parkraumbewirtschaftung in der Kernstadt. Um eine Parkraumbewirtschaftung politisch durchsetzen zu können, müssen die Probleme sichtbar gemacht, geeignete Maßnahmen der Bewirtschaftung entwickelt und die Wirkungen dieser Maßnahmen auf den Verkehr, die Wirtschaft und die Umwelt den Entscheidungsträgern vermittelt werden. Während die Bewirtschaftung des Parkraums innerhalb der Innenstadt bereits weitgehend realisiert ist, besteht in den innenstadtnahen Mischgebieten noch Regelungsbedarf.

Der gebrochene Verkehr aus IV und ÖPNV in der Form des P+R und des B+R hat dort sein Einsatzfeld, wo der Zubringerverkehr zur Schiene nicht ausreichend attraktiv ist und gleichzeitig die ausschließliche Autonutzung bis in die Kernstadt durch Stau und Parkplatzmangel erschwert wird.

Bei P+R sollte aus Gründen der Umweltverträglichkeit angestrebt werden, die Wegeanteile mit dem Pkw zu minimieren und die Belastungen sensibler Gebiete möglichst gering zu halten. Dazu ist es notwendig, die Standorte der P+R-Anlagen zu optimieren und das Verhalten der P+R-Benutzer in diesem Standortgefüge durch eine Erhebung

von Parkentgelten zu steuern. Die Bedeutung von P+R wird steigen, wenn in der Kernstadt eine konsequente Parkraumbewirtschaftung mit dem Ziel einer Zurückdrängung der Langzeitparker erfolgt“.

Die Arbeiten im Arbeitsbereich A waren in die folgenden sechs Arbeitspakete unterteilt worden:

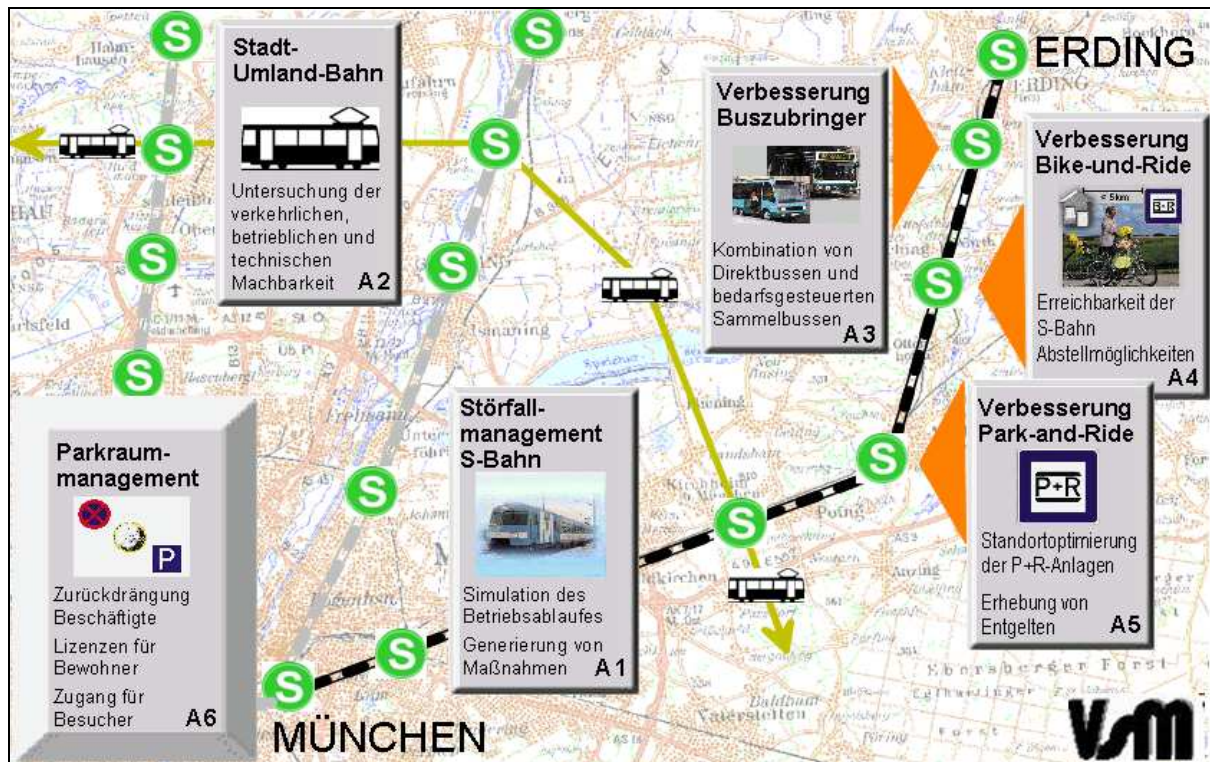


Abb. 1-1: Gliederung des Arbeitsbereichs A des Forschungsprojektes MOBINET

Quelle: Abschlussbericht MOBINET, Arbeitsbereich A

Die in den Arbeitspaketen A3 bis A6 entwickelten Maßnahmen wurden in Form von Demonstratoren in jeweils abgegrenzten Gebieten umgesetzt. Für die Arbeitspakete A1 und A2 war eine Demonstration der Maßnahmen aus Gründen der Umsetzungsdauer von vornherein nicht vorgesehen. Die Demonstration der Maßnahmen zur Verbesserung des Park-and-Ride erfolgte lediglich an einzelnen Anlagen im Stadtgebiet München. Die für eine Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl der Umlandpendler viel wichtigeren Park-and-Ride-Anlagen im Umland konnten in die Demonstration deshalb nicht einbezogen werden, weil dort die Mitwirkung der betroffenen Landkreise erforderlich ist, und die gewünschte Wirkung erst entsteht, wenn die P+R-Anlagen entlang einer gesamten S-Bahn-Achse verbessert werden und nicht nur an einzelnen Standorten.

Der Erfolg der Maßnahmen bei den Demonstratoren wurde mittels Vorher-Nachher-Untersuchungen analysiert. Aus den Ergebnissen solcher Analysen lässt sich aber kein Schluss ziehen, wie sich die Verkehrsmittelwahl der Umlandpendler verändern wird, wenn die Maßnahmen in ihrer Gesamtheit und für die gesamte Region München realisiert worden sind. Dies ist jedoch die Frage, die von der Politik gestellt wird, bevor sie grünes Licht für eine umfassende Umsetzung der Maßnahmen gibt.

Mit der Beantwortung dieser Frage befasst sich die vorliegende Arbeit. Sie analysiert und bewertet Maßnahmen zur Verbesserung der Verkehrssituation. Dabei geht es zunächst um Einzelmaßnahmen, anschließend aber auch um die Wechselwirkung dieser Einzelmaßnahmen untereinander. Die Bewertung erfolgt mittels eines Vergleichs des angestrebten zukünftigen Zustands mit dem bisherigen Zustand. Die Komplexität der Aufgabenstellung ergibt sich sowohl aus der Größe des Untersuchungsraums als auch aus den für solche Verbundmaßnahmen auftretenden Bewertungsproblemen.

Als zeitlicher Bezug für den bisherigen Zustand wurde im Projekt MOBINET das Jahr 2000, definiert. Bei den Zeithorizonten für den zukünftigen Zustand wird im Projekt MOBINET unterschieden zwischen den Szenarien

- „Nähere Zukunft“ mit einer Verwirklichung eines „geringeren Umfangs“ der Maßnahmen; der Zeitpunkt der näheren Zukunft wurde auf das Jahr 2005 gelegt,
- „Vision“ mit einer Verwirklichung eines „größeren Umfangs“ der Maßnahmen“; der Zeitpunkt der Realisierung der Vision wurde auf das Jahr 2010 gelegt.

Zu diesen Zeithorizonten werden jeweils ein Ohne-Fall und ein Mit-Fall miteinander verglichen. Die Ohne-Fälle beinhalten alle Maßnahmen, die bis zu dem jeweiligen Zeitpunkt ohne MOBINET-A-Maßnahmen voraussichtlich realisiert worden sind. Dies sind Maßnahmen der Flächennutzungs- und Verkehrsinfrastruktur, die sich in einem fortgeschrittenen Stadium der Planung befinden und deren Umsetzung in absehbarer Zeit zu erwarten ist. Bei den Mit-Fällen kommen zu diesen Maßnahmen jeweils die entsprechenden MOBINET-A-Maßnahmen hinzu. Für das Szenario „Nähere Zukunft“ wird davon ausgegangen, dass die im Rahmen von MOBINET entworfenen und dort größtenteils bereits demonstrierten Maßnahmen realisiert worden sind und ihre volle Wirksamkeit entfaltet haben. Für das Szenario „Vision“ wird angenommen, dass die MOBINET-A-Maßnahmen eine Ausweitung auf die gesamte Region München erfahren und dort im Zusammenhang wirken.

Die Szenarien sollten auf gleichen Randbedingungen aufbauen, um ihre Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Dies geschah im vollen Bewusstsein der Tatsache, dass das Szenario „Vision“ einen Planungsbeginn der einzelnen Maßnahmen mindestens in den 90er-Jahren des letzten Jahrhunderts erfordert hätte. Auf diese Weise ließ sich auch die bis dahin nicht mehr mögliche Einführung eines S-Bahn-Störfallmanagements und einer Stadt-Umland-Bahn auf die Zeithorizonte 2005 und 2010 projizieren.

Zur Abschätzung der Wirkungen, die von Maßnahmen zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl ausgehen, dienen sogenannte Modal-Split-Modelle, welche die Verkehrsmittelwahl in Abhängigkeit von der Ausprägung des Verkehrsangebots abbilden.

Im Verlauf der letzten Jahrzehnte ist eine Vielzahl solcher Modelle entwickelt worden. Bei diesen Modellen tritt jedoch das Problem auf, dass die einfach strukturierten, die mit leicht zu beschaffenden Daten auskommen, die Wirkungen nur sehr ungenau wiedergeben, und eine genauere Vorhersage der Wirkungen komplexe Modelle mit umfangreichen und meist nur schwer zu beschaffenden Daten erfordert. Insbesondere die so genannten verhaltensorientierten Modelle benötigen Informationen über das Verhalten der Verkehrsteilnehmer, die nicht nur in den empirisch zu bestimmenden Parametern ihren Niederschlag finden, sondern die als

explizite Größen in die Modelle eingehen. Die Gewinnung solcher Größen erfordert Befragungen, die bei der hier geforderten Wirkungsanalyse für eine gesamte Region unmöglich sind.

Die Aufgabe besteht demnach darin, ein einfach strukturiertes Modell so zu erweitern, dass es auch die Wirkungen grundlegend unterschiedlicher Maßnahmen unter Berücksichtigung ihrer Wechselwirkungen abbilden kann.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit war es nicht möglich, ein völlig neues Bewertungsverfahren zu entwickeln, denn die Arbeit befasst sich primär mit den Maßnahmen und nur sekundär mit Bewertungsfragen. Es blieb deshalb nur die Möglichkeit, ein geeignetes Verfahren aus der Menge der verfügbaren Verfahren auszuwählen. Dies erfolgt in Kapitel 4. Anschließend war das ausgewählte Bewertungsverfahren in einzelnen Punkten zu erweitern, zu verfeinern und an die spezielle Aufgabenstellung anzupassen. Dieser Aufgabe ist das Kapitel 5 gewidmet.

Umschlossen wird dieser Verfahrenskern von der Auseinandersetzung mit den Maßnahmen: In Kapitel 2 und 3 werden die Maßnahmen dargestellt, und in Kapitel 6 werden ihre Wirkungen beschrieben. Im abschließenden Kapitel 7 werden die Ergebnisse sowohl im Hinblick auf die Maßnahmenwirkungen als auch im Hinblick auf die Eignung des Vorhersagemodells diskutiert.

2 Beschreibung von komplexen Maßnahmen zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl

Die Abbildungen dieses Kapitels wurden dem Schlussbericht des Arbeitsbereichs A des Forschungsprojektes MOBINET entnommen.

2.1 Störfallmanagement bei der S-Bahn

Störfallmanagement im ÖPNV dient dazu, Störungen im planmäßigen Betriebsablauf zu erkennen und zu beseitigen. Kern solcher Verfahren sind die Erfassung der aktuellen Standorte der Fahrzeuge, der Vergleich dieser Ist-Standorte mit dem im Fahrplan festgelegten Soll-Standorten sowie die Bereitstellung von Entscheidungshilfen für den Disponenten zur Beseitigung etwaiger Abweichungen in den Standorten. Hierzu dienen so genannte „Rechnergesteuerte Betriebsleitsysteme“, abgekürzt RBL. Ursprung diese Systeme war eine Eigenentwicklung der Hamburger Hochbahn für den Busbetrieb in den 60er Jahren. Für den straßengebundenen Verkehr sind solche Systeme inzwischen marktgängig und werden von den Verkehrsbetrieben in den mittleren und größeren Städten eingesetzt. Im Mittelpunkt steht noch immer der Fahrplan-Soll-Ist-Vergleich, wohingegen die Entscheidungshilfen zur Beseitigung von Störungen nur begrenzt zur Verfügung stehen. Die Entwicklung und Verbreitung dieser Systeme ist jedoch schon so weit fortgeschritten, dass der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) bereits eine Schrift mit „Betrieblichen Anforderungen an rechnergesteuerte Betriebsleitsysteme (RBL)“ herausgegeben hat, die das Ziel hat, die Entwicklungen in diesem Bereich zusammenzufassen und zu standardisieren.

Im straßenunabhängigen Schienenverkehr sind solche Systeme wegen der i.d.R. geringeren Störanfälligkeit noch wenig ausgeprägt. Sie konzentrieren sich vor allem auf die Lösung von Fahrstraßenkonflikten und lassen betriebliche und fahrgastbezogene Auswirkungen weitgehend außer acht.

Die hohe Störanfälligkeit der Münchner S-Bahn, die ihre Ursache vor allem in der Überalterung der Infrastruktur, den vielen eingleisigen Strecken und dem Mischbetrieb mit dem Regionalverkehr und dem Fernverkehr der DB AG hat, war Anlass, die Entwicklung eines solchen Systems in das Forschungsprojekt MOBINET mit aufzunehmen. Es wurde von HAUENSTEIN und WEHNER (2002) entwickelt, trägt die Bezeichnung „SALTOS“ und unterstützt die Funktionen eines Betriebsleitsystems.

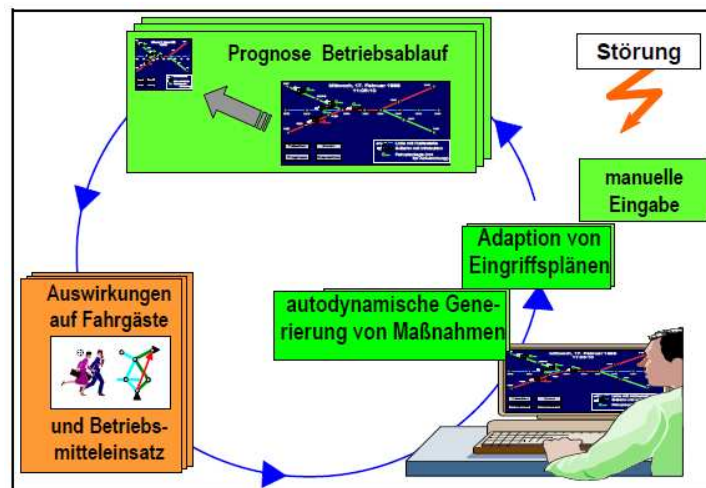


Abb. 2-1: Funktionaler Aufbau von SALTOS
Quelle: Abschlussbericht MOBINET A

Das Verfahren kann keine primären Störungen wie z.B. Personenschäden oder defekte Signale und Weichen verhindern, sondern lediglich die daraus resultierenden Störungsfolgen minimieren:

- Während der Dauer der Störung kommen vorgefertigte Eingriffspläne zum Einsatz. Der Rechner passt den vom Disponenten ausgewählten Plan auf der Grundlage der aktuellen Störungslage an die jeweiligen Randbedingungen an.
- Nach Beendigung der Primärstörung wird der Betriebsablauf schnellstmöglich in den fahrplanmäßigen Zustand zurückgeführt. Dazu schlägt der Rechner Maßnahmen vor.

Nach dem Ende der Primärstörung werden die Störungsfolgen beseitigt durch

- globale Maßnahmen, welche die Zuordnung der Züge zu den Kursen so verändern, dass die Abweichungen vom Fahrplan möglichst gering werden,
- lokale Maßnahmen, welche die nach dem Einsatz der globalen Maßnahmen verbliebenen Verspätungen auflösen.

Über den Online-Einsatz hinaus kann das Verfahren genutzt werden, um mit Hilfe der Simulation des Betriebsablaufs die Wirkung von Infrastrukturmaßnahmen oder von Fahrplanveränderungen auf die Robustheit des Betriebsablaufs zu untersuchen. Außerdem lässt sich die Simulation des Betriebsablaufs auch für ein Fahrgastinformationssystem nutzen.

2.2 Stadt-Umland-Bahn

In den 60er und 70er Jahren wurden in einer Reihe von Großstädten im Zusammenhang mit dem Bau bzw. dem Ausbau der U-Bahn die vorhandenen Straßenbahnnetze stark reduziert. Die dann nicht mehr rentablen restlichen Strecken wurden oft zugunsten einer Erweiterung des Busbetriebs eingestellt. Prominentestes Beispiel hierfür ist Hamburg. Andere Großstädte, für die eine U-Bahn aus verkehrlichen und wirtschaftlichen Gründen nicht infrage kommt, traten die „Flucht nach vorn“ an und bauten die vorhandene Straßenbahn aus (u.a. Freiburg

und Karlsruhe). In Karlsruhe wurde die Straßenbahn unter Nutzung von zuvor vernachlässigten und unattraktiven Strecken der DB AG, die so einen Modernisierungsschub erhielten, ins Umland verlängert. Durch die so hergestellte direkte Verbindung vom Umland in die Kernstädte wurde neben einer Verbesserung des innerstädtischen ÖPNV auch für den zunehmenden Pendlerverkehr zwischen Umland und Kernstadt ein gutes ÖPNV-Angebot zur Verfügung gestellt. Weitere Beispiele hierfür sind Saarbrücken, Kassel und Zwickau. Diese ins Umland erweiterten Straßenbahnen („Stadt-Umland-Bahn“) haben einen großen Erfolg, denn die Fahrgastzahlen sind wie KEUDEL (2002) über Saarbrücken oder der Karlsruher Verkehrsverbund (2005) berichten, erheblich gestiegen. Die Idee der „Stadt-Umland-Bahn“ wird inzwischen häufig aufgegriffen, um von der Stilllegung gefährdete Eisenbahnstrecken zu modernisieren oder aber aufgrund der Netzstruktur des SPNV benachteiligte Verbindungen aufzuwerten. Auf letzteren Punkt beziehen sich die Überlegungen in München.

In München stellt sich die Frage, ob eine Stadt-Umland-Bahn zwischen dem Bus und der städtischen Tram einerseits und der U- und S-Bahn andererseits eine verkehrlich sinnvolle und wirtschaftlich vertretbare Anwendung finden kann. Dieser Frage wurde im Forschungsprojekt MOBINET in Form einer Durchführbarkeitsstudie nachgegangen. Das System soll dazu dienen, sekundäre Siedlungsachsen, die sich im Umland zwischen den primären S-Bahn-Achsen zunehmend herausbilden, an die Kernstadt anzubinden und tangentielle Verbindungen zwischen den Achsen zu schaffen.

Aufgrund einer Abschätzung der Fahrgastpotenziale wurde das nachfolgend dargestellte Netz entworfen. Es ist im Hinblick auf eine stufenweise Realisierung in vier Linien unterteilt:

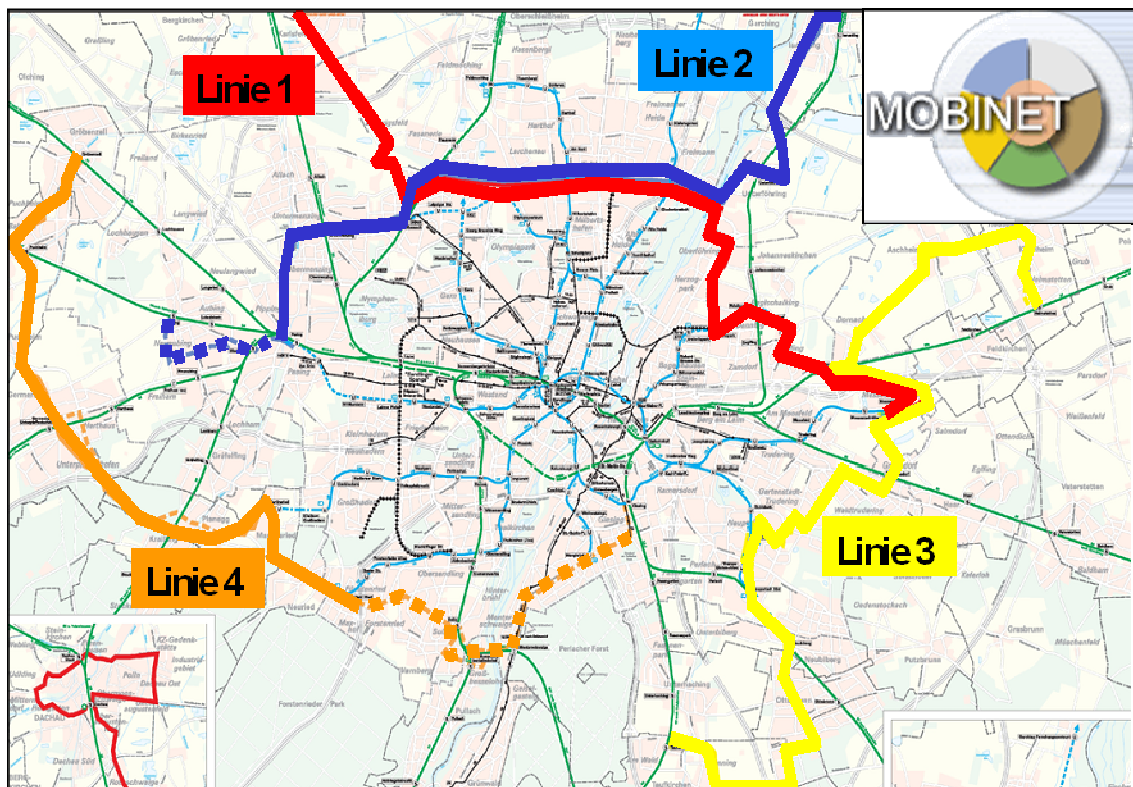


Abb. 2-2: Netz der Stadtumlandbahn (SUB)
Quelle: Abschlussbericht MOBINET A

Das System hat mittelfristig eine Perspektive: Die zu erwartende Bevölkerungsentwicklung (landesweite Abnahme, Gleichbleiben in den Metropolregionen), die noch fortschreitende Suburbanisierung, das Nachlassen der Achsenbesiedlung im Außenbereich (u.a. wegen der zu erwartenden Verringerung der steuerlichen Abschreibungsmöglichkeit für den Weg zur Arbeit) sowie die bereits in Gang befindliche Abwanderung städtischer Gewerbebetriebe in das Umland lassen mittelfristig eine Ausweitung der Besiedlung der kernstadtnahen Achsenzwischenräume erwarten. Eine solche Flächennutzungsstruktur lässt sich nur durch ein schienengebundenes ÖPNV-System erfolgreich erschließen.

2.3 Bus-Zubringer zum regionalen SPNV

Das Nutzen-Kosten-Verhältnis des ÖPNV im ländlichen Raum kann erhöht werden, wenn das Angebot durch den Einsatz so genannter „Flexibler Betriebsweisen“ besser an die Nachfrage angepasst wird. Im Mittelpunkt der Flexiblen Betriebsweisen stehen nachfragegesteuerte Betriebsformen, bei denen in Räumen und zu Zeiten geringer Verkehrsnachfrage die Haltestellen nur dann bedient werden, wenn dort aktuell Einstiegs- oder Ausstiegswünsche bestehen. Auf diese Weise lassen sich Streckenlänge und Fahrzeit reduzieren und dadurch Kosten einsparen. Gleichzeitig wird es möglich, ohne zusätzlichen Aufwand die Haltestellendichte zu erhöhen.

Bei der Betriebsform kann zwischen folgenden Ausprägungen unterschieden werden:

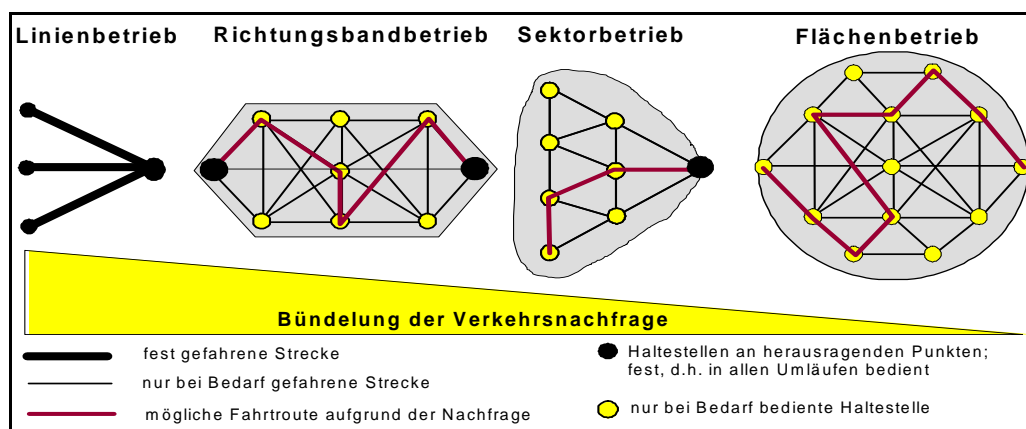


Abb. 2-3: Betriebsformen im ÖPNV des ländlichen Raums

Quelle: Abschlussbericht MOBINET A

Die erläuterten Betriebsformen sind keine Alternativen, sondern können räumlich und zeitlich miteinander kombiniert werden (darum der Begriff „flexibel“).

Nachfragegesteuerte Betriebsformen wurden in Deutschland erstmals Ende der 70er Jahre in den Landkreisen Friedrichshafen (System RUFBUS) und Wunstorf (System RETAX) im Rahmen von BMFT-geförderten Forschungsprojekten erprobt. Zum Einsatz kamen zunächst der Flächenbetrieb und später auch der Richtungsbandbetrieb. KIRCHHOFF (1980) hat über diese Probetriebe berichtet. Richtungsbandbetrieb findet sich inzwischen auch in anderen in- und ausländischen Anwendungsfällen. Anfang der 80er Jahre benutzte FIEDLER (1984) zur Bedienung nachfrageschwacher Gebiete erstmals Anruf-Sammeltaxis (AST). Das System AST ist in vielen Landkreisen und Kleinstädten inzwischen erfolgreich im Einsatz, allerdings

meist als Alternativsystem zum herkömmlichen ÖPNV und mit gesonderten Tarifen. Im Zuge der Weiterentwicklung der nachfragegesteuerten Betriebsformen wurden Richtungsband- und Sektorbetrieb mit dem herkömmlichen Linienbetrieb kombiniert und in den ÖPNV integriert. Die Kombination kann starr oder zeitlich flexibel erfolgen.

Die Vorteile der nachfragegesteuerten Betriebsformen werden verstärkt, wenn sie mit unterschiedlichen Fahrzeuggrößen verknüpft und neben den regionalen Verkehrsunternehmen auch private Bus- und Taxi-Unternehmen an der Leistungserstellung beteiligt werden.

Kostenrechnungen am Beispiel des Landkreises Erding haben gezeigt, dass die nachfragegesteuerten Betriebsformen erhebliche Einsparungen bringen. Weitere Einsparungspotenziale liegen in verbesserten Planungsverfahren sowie der Einführung des von der EU geforderten Wettbewerbs. In der Summe dieser drei Komponenten erscheinen Einsparungen für den ÖPNV des ländlichen Raums in der Größenordnung von 30 bis 50% oder eine entsprechende Verbesserung der Angebotsqualität bei gleichbleibenden Kosten möglich (WILHELM 2002).

Die Entwicklung und Erprobung von Direktbussen und Sammelbussen im Rahmen von MOBINET erfolgte im Landkreis Erding. Das System hat folgendes Aussehen:

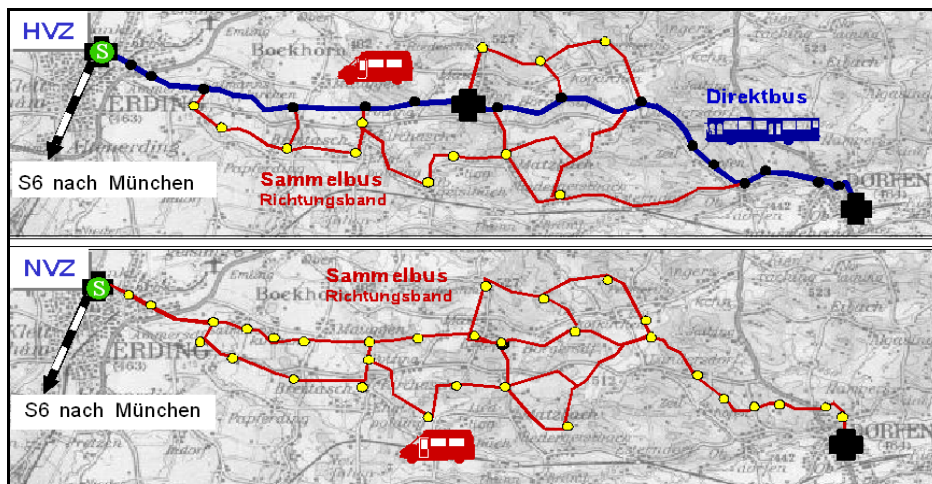


Abb. 2-4: Kombination von Direkt- und Sammelbus

Quelle: Abschlussbericht MOBINET A

Während der Hauptverkehrszeit (HVZ) werden der Direktbus in der Form des herkömmlichen Linienbetriebs und der Sammelbus in der Form des nachfragegesteuerten Richtungsbandbetriebs arbeitsteilig eingesetzt. Auf diese Weise wird sowohl eine schnelle Verbindung zwischen den Hauptorten als auch ein hoher Sammeleffekt für die Orte in abseitiger Lage erreicht. Während der Normalverkehrszeit (NVZ) mit ihrer i.d.R. geringen Nachfrage übernimmt der Sammelbus auch die Bedienung der Orte entlang der Hauptstraße.

2.4 Parkraummanagement in innenstadtnahen Mischgebieten

In den innenstadtnahen Mischgebieten ist die Situation des ruhenden Verkehrs angespannt. Langfristig ist der Parkraumangel nur durch den Bau von Quartiersgaragen zu beheben. Dem stehen jedoch häufig ein Fehlen von nutzbaren Flächen, technische Schwierigkeiten, hohe Kosten und der Widerstand von Anwohnern entgegen. Kurzfristig ist deshalb eine Mangelverwaltung erforderlich, bei welcher die knappen Stellplätze im Straßenraum nach dem Nutzen vergeben werden, den das Parken für das jeweilige Gebiet bringt. HÖHNBERG (2002) hat diese Zusammenhänge im Rahmen des Forschungsprojektes MOBINET untersucht und entsprechende Maßnahmen entwickelt.

Die innenstadtnahen Mischgebiete weisen Wohnungen, Geschäfte sowie Einrichtungen für Dienstleistungen, Bildung und Freizeit auf. Dabei dominiert die Wohnnutzung. Produzierendes Gewerbe ist dagegen selten. Nutzergruppen des Parkraums sind demzufolge Bewohner, ortsansässige Geschäftsleute, Besucher (zum Einkaufen, zu privaten und dienstlich/geschäftlichen Erledigungen sowie zum Besuch von Veranstaltungen, Gaststätten und Privatpersonen), Beschäftigte, die außerhalb des Gebietes wohnen, und Dienstleister (z.B. Handwerker). Hinzu kommt ein Stellplatzbedarf für Lieferanten, die während des Ladevorgangs allerdings nicht parken sondern halten. Hotelgäste sind für die Dauer ihres Aufenthalts den Bewohnern gleichzustellen.

Um die vorhandenen Probleme erkennen zu können, wurde die Besetzung der Stellplätze differenziert nach Tageszeit und Parkdauer erfasst:

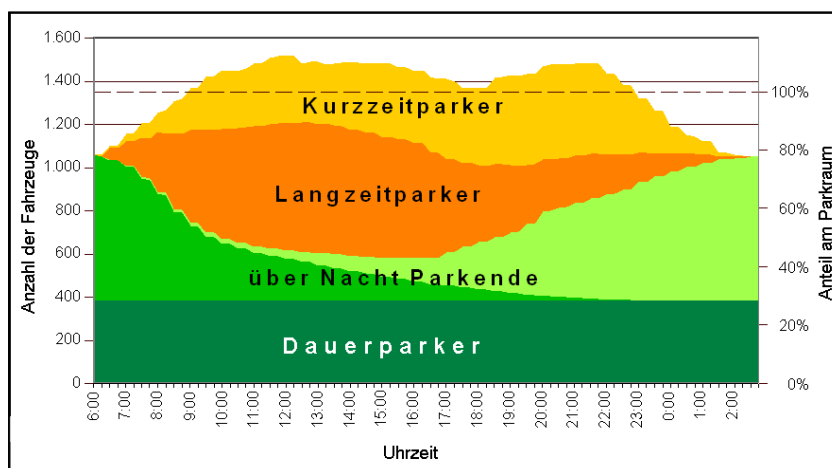


Abb. 2-5: Vorhandene Besetzung der Stellplätze
Quelle: Abschlussbericht MOBINET A

Etwa 30% der Stellplätze werden von Dauerparkern belegt, die sich während der gesamten Erhebungsdauer nicht von der Stelle bewegen. Dies sind vor allem Bewohner, die mit dem ÖPNV zur Arbeit fahren und ihr Auto tagsüber vor der Wohnung stehen lassen. Weitere rund 50% der Stellplätze werden von Bewohnern in Anspruch genommen, die nur über Nacht dort parken und tagsüber das Gebiet verlassen. Die dadurch frei gemachten Stellplätze werden von Beschäftigten besetzt, die von außerhalb des Gebietes und zu einem großen Teil auch aus dem Umland kommen. Dabei handelt es sich um Langzeitparker, die während ihrer gesamten Ar-

beitszeit dort parken. Die später eintreffenden, kurzzeitparkenden Besucher und der Wirtschaftsverkehr finden dann keinen Stellplatz mehr.

Da es in der Regel nicht möglich sein wird, den gesamten Stellplatzbedarf zu decken, müssen Prioritäten gesetzt werden. Der Stellplatzbedarf der Bewohner und des Lieferverkehrs muss Vorrang haben. Auch die Besucher und Dienstleister sollten, soweit möglich, ausreichend Stellplätze finden. Beides kommt der Wohnqualität und der Wirtschaftskraft des Gebietes zugute. Dagegen sollten die in dem Gebiet Beschäftigten dazu gebracht werden, den ÖPNV zu benutzen. Dies erscheint zumutbar, weil der ÖPNV in der Innenstadt meist ein gutes Angebot aufweist. Berufspendler aus dem Umland, für die das ÖPNV-Angebot an ihrem Wohnort schlecht ist, sollten von der Möglichkeit des Park-and-Ride oder des Bike-and-Ride Gebrauch machen oder mit dem Zubringer-Bus zur Bahn fahren.

Eine derartige Priorisierung ist mit folgender Parkregelung zu erreichen:

- Kostenloses Lizenzparken für Anwohner und Geschäftsleute mit Parklizenz,
- gebührenpflichtiges Parken kombiniert mit einer Parkdauerbegrenzung für alle Nutzer,
- Mischparken ohne Parkdauerbegrenzung, für Anwohner und Geschäftsleute kostenlos, sonst gebührenpflichtig.

Hinzu kommen Ladezonen.

Die verschiedenen Parkregeln werden den Straßenabschnitten entsprechend ihrer Nutzung und ihrer Lage im Gebiet zugeordnet:

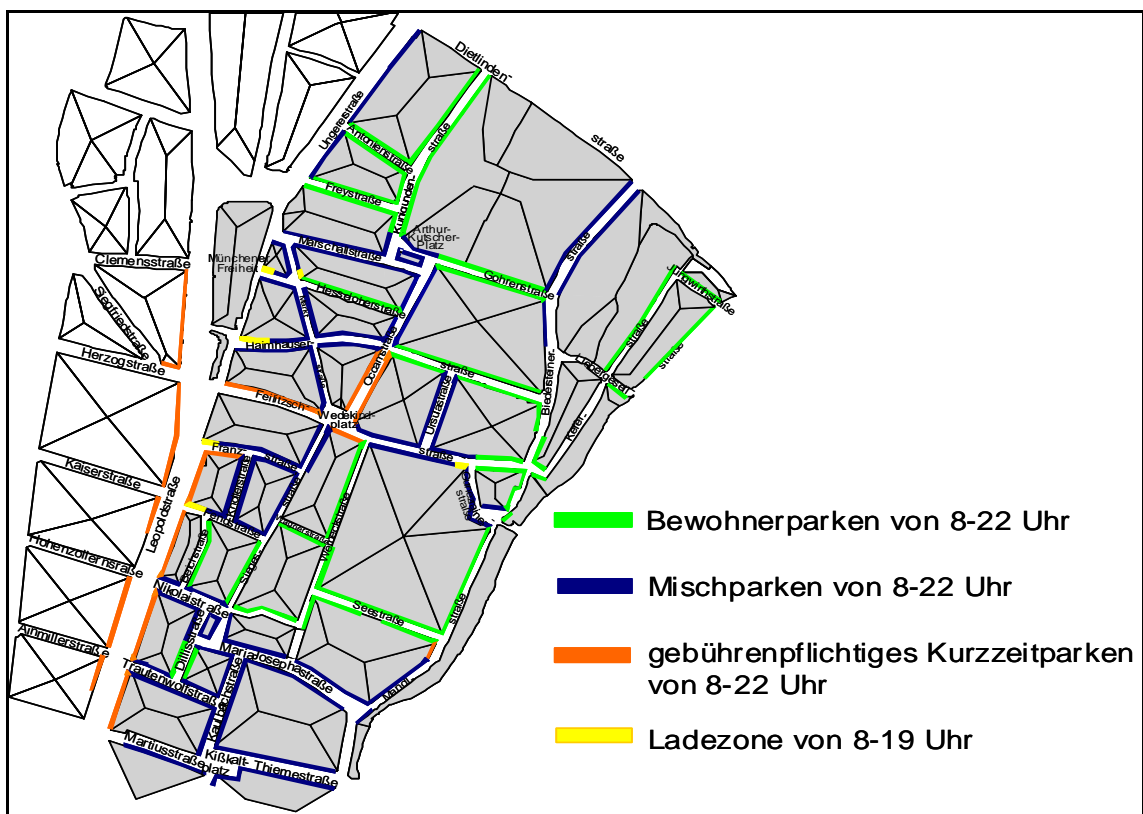


Abb. 2-6: Maßnahmen
Quelle: Abschlussbericht MOBINET A

Die Parkraumbewirtschaftung wurde in den Jahren 2001 und 2002 in den Lizenzgebieten Altschwabing (aus diesem Gebiet stammen die hier wiedergegebenen Bilder), Schwabing Mitte und südl. Lehel eingeführt. Ein Schwerpunkt der Bearbeitung lag auf der Erläuterung und Durchsetzung des Bewirtschaftungskonzeptes und der einzelnen Maßnahmen gegenüber den Politikern und den Einwohnern.

Die Parkraumbewirtschaftung hat folgende Veränderungen des Parkgeschehens gebracht:

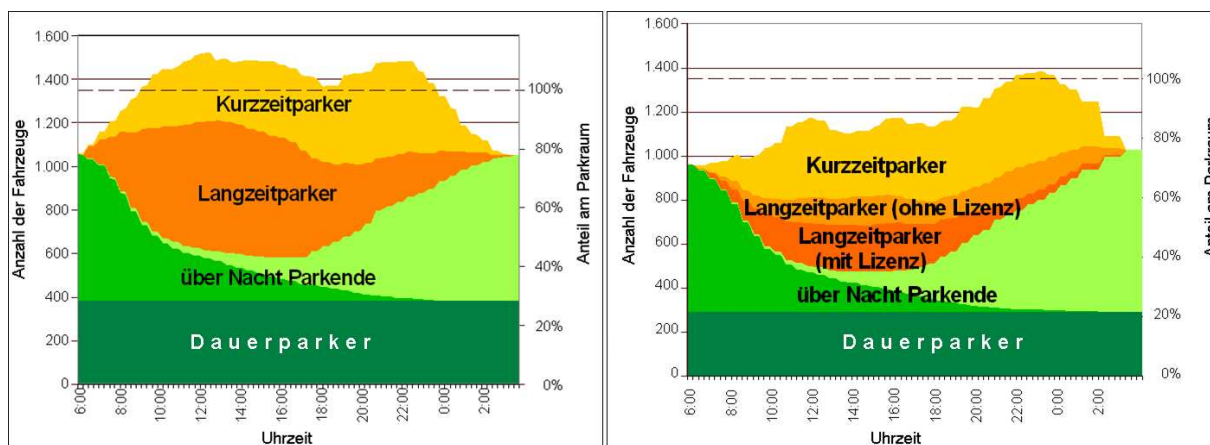


Abb. 2-7: Vorher-/Nachher Vergleich

Quelle: Abschlussbericht MOBINET A

Mit der Parkregelung ist es gelungen, einen großen Teil der langzeitparkenden Beschäftigten zu verdrängen und ausreichenden Parkraum nicht nur für die Bewohner und die ortsansässigen Geschäftsleute, sondern auch für die Besucher und den Wirtschaftsverkehr bereitzustellen. Problematisch bleibt allerdings das Parken der Gaststättenbesucher am Abend.

Die Wirkung einer Parkraumbewirtschaftung wurde neben dem in MOBINET durchgeführten Pilotprojekt bereits in anderen Städten mit verschiedenen Größen und Maßnahmenprägungen nachgewiesen. Dass bei der Maßnahmenauswahl sehr stark auf die vorhandenen Strukturen bzgl. des vorhandenen Verkehrsangebots, der Verkehrsnachfrage aber auch der Nutzungen eingegangen werden muss, lässt sich schon in den detaillierten Untersuchungen von BAIER (1997) erkennen. BAIER behauptet in einer weiteren Veröffentlichung aus dem Jahr 2000 allerdings sogar, dass Parkraumbewirtschaftungsmaßnahmen nur einen geringen Einfluss auf Verkehrsaufkommen und Verkehrsmittelwahl haben, da der Anteil der davon betroffenen Berufspendler am Gesamtverkehr zu gering sei und diese Gruppe zudem auf private Stellplätze ausweichen würde.

Neben der Ordnung des Parkgeschehens in den betroffenen Gebieten hat die Parkraumbewirtschaftung auch Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl der Pendler aus dem Umland, die um so eher den ÖPNV benutzen werden, je höher die Parkgebühren sind. Über diese Mechanismen gibt es allerdings noch keine empirischen Untersuchungen. Die Ergebnisse aus dem entsprechenden Arbeitspaket lassen diese Wirkung allenfalls vermuten und werden deswegen entsprechend in der Modellrechnung verwendet.

Verbesserung des gebrochenen Verkehrs IV / ÖPNV

2.5 Bike-and-Ride

Der Anteil des MIV am Pendlerverkehr kann verringert werden, wenn anstelle durchgehender Autofahrten B+R oder P+R benutzt werden. B+R und P+R sind das Ventil, wenn Umlandpendler durch die Parkraumbewirtschaftung aus den innenstadtnahen Mischgebieten verdrängt werden und im näheren Umfeld ihrer Wohnung keine attraktive ÖPNV-Bedienung finden.

Die Untersuchung über die B+R-Wirkungen im Rahmen des Forschungsprojektes MOBINET weist darauf hin, dass es bisher keine empirischen Untersuchungen darüber gibt, in welchem Umfang eine Verbesserung der B+R-Situation die ÖPNV-Benutzung durch die Pendler aus dem Umland fördert. Gewisse Analogieschlüsse kann man allerdings aus Untersuchungen über das Potential des Fahrradverkehrs ziehen, wie sie u.a. von BRACHER 1985 angestellt wurden. Danach muss das Potential im B+R als relativ hoch eingeschätzt werden.

Bei den Untersuchungen zu Bike-and-Ride ging es um die Frage, welche Maßnahmen die Attraktivität des B+R erhöhen können und welche Potenziale an B+R-Nutzern sich dadurch gewinnen lassen. Diese Fragen waren anhand von Feldversuchen („Demonstratoren“) zu klären. Die möglichen Standorte für die Demonstratoren wurden nach Gebietsklassen differenziert und anhand verkehrlicher Merkmale jeweils auf ihre Eignung überprüft. Ausgewählt wurden die drei Standorte Grafing Bahnhof, Kieferngarten und Pasing:

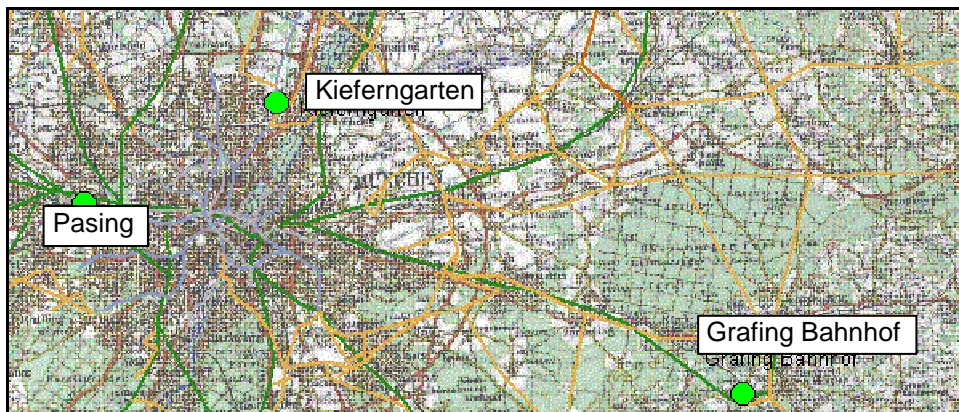


Abb. 2-8: Standorte von B+R-Anlagen
Quelle: Abschlussbericht MOBINET A

Der Demonstrator Pasing konnte trotz intensiver Bemühungen der Projektbearbeiter wegen Schwierigkeiten im Planungsverfahren und bei der städtebaulichen Einbindung nicht im Rahmen von MOBINET realisiert werden.

An den verbliebenen Demonstratoren wurden die Nutzer nach ihren Präferenzen für die unterschiedlichen Maßnahmen befragt. Dabei ergaben sich folgende Forderungen:

- ausreichende Anzahl an Fahrradständern,
- mehr Abstand zwischen den Fahrradständern,
- bessere Beleuchtung,
- Diebstahlschutz,
- Überdachung,
- bequeme Erreichbarkeit der B+R-Anlage aus dem Straßennetz,
- Nähe der Fahrradständer zum Bahnsteig,
- Sauberkeit,
- Einsehbarkeit von der Straße und vom Bahnsteig (soziale Kontrolle),
- Videoüberwachung.

Die Einschätzung dieser Maßnahmen variiert zwischen den verschiedenen Demonstratoren nur in geringem Umfang.

Das hohe Potenzial von B+R wird dadurch deutlich, dass Zunahmen der B+R-Nutzung zwischen 20% und 35% festgestellt wurden. Sie sind allerdings z.T. aus Stichprobenerhebungen abgeleitet worden, die nur einen geringen Umfang hatten.

2.6 Park-and-Ride

Der Anteil des Park-and-Ride ist, wenn man die Zahlen auf die Gesamtzahl der Nutzer des ÖPNV bezieht, relativ gering und liegt überall im einstelligen Prozentbereich. Dennoch ist viel Mühe und Geld in die Planung von P+R-Anlagen gesteckt worden. Pionier auf diesem Gebiet war der Hamburger Verkehrsverbund, der schon in den 60er Jahren mit einer systematischen Anlage von P+R-Plätzen begonnen hat. Einen Überblick über diese Entwicklung in Hamburg geben BREDEHÖFT et al. (1987) sowie BUCH et al. (1991).

Die anderen Ballungsräume haben bald nachgezogen, und in München wird die Anlage von P+R-Plätzen seit Beginn des MVV systematisch betrieben (siehe eine Zwischenbilanz des Münchner Verkehrs- und Tarifverbundes von 1974).

Die Park-and-Ride-Untersuchung im Rahmen des Forschungsprojektes MOBINET unterteilte sich in eine Standortoptimierung (vgl. HÜMPFNER, 2002) und eine Erhebung von Parkentgelten. Bei der Standortoptimierung stand die Entwicklung eines Verfahrens im Vordergrund und bei der Entgelterhebung die Demonstration.

Ziel der Standortoptimierung ist es, die räumliche Verteilung des P+R-Angebots derart vorzunehmen, dass sie so weit wie möglich der räumlichen Verteilung der Wohnbevölkerung entspricht. Nur auf diese Weise lassen sich die unter Umweltgesichtspunkten erstrebenswerten kurzen Wegeanteile mit dem Pkw erreichen und ein Fahrgastverlust der S-Bahn durch Autofahrten bis zu den U-Bahn-Haltestellen am Rande der Kernstadt vermeiden. Dem Bemühen nach einer optimalen räumlichen Verteilung der P+R-Standorte, das den Neubau und die

Erweiterung bestehender Anlagen einschließt, sind allerdings durch geringe Flächenverfügbarkeit, technische Probleme, hohe Kosten und teilweise auch mangelnde politische Zustimmung Grenzen gesetzt. Die Entwicklung und Demonstration des Verfahrens der Standortoptimierung erfolgte am Beispiel der S-Bahn-Achse nach Erding und der benachbarten U-Bahn-Achse nach Garching.

Das Verfahren liefert die bestmögliche räumliche Verteilung des P+R-Angebots. Der Vergleich der mittleren Pkw-Weglänge zwischen heutigem Zustand und Optimalfall zeigt, dass mit Hilfe des Verfahrens die mittlere Weglänge der Pkw-Fahrt von 9 km auf 4,5 km gesenkt werden könnte. Die Standortoptimierung basiert auf Methoden des Operation Research. Da das Verfahren mathematisch anspruchsvoll ist und eine Befragung der P+R-Nutzer an allen Anlagen eines Sektors erfordert, befindet sich die Umsetzung für die praktische Anwendung noch im Anfangsstadium.

Demonstratoren waren eine Reihe unterschiedlich strukturierter und unterschiedlich gelegener P+R-Anlagen innerhalb des Stadtgebiets:



Namen der P+R-Anlagen: Blau: Lage an der U 6, Gelb: Lage an der U 3, Braun: Lage an der S 7 (Netz 2002)

Abb. 2-9: Standorte von P+R-Anlagen

Quelle: Abschlussbericht MOBINET A

Die Entgelterhebung erfolgte sowohl mit Hilfe von Parkscheinautomaten als auch mit Hilfe von Abschrankungen. Die Gebühren betragen teilweise 0,5 €/Tag und teilweise 1 €/Tag.

Insgesamt wurde die Erhebung von Parkentgelten von den Nutzern akzeptiert. Die Nutzungsrückgänge hielten sich in Grenzen. Sie sind grundsätzlich erwünscht, wenn sie daraus resultieren, dass Fremdparken verringert wird und Nutzer aus dem Umland veranlasst werden, weiter außen gelegene Stellplätze zu benutzen.

3 Differenzierung der Maßnahmen in Szenarien

Um die Gesamtwirkung von komplexen Maßnahmen beschreiben zu können, bedarf es einer genauen Festlegung der Umfänge der Maßnahmen und der Bezugszeiträume, auf die die herrschenden Verkehrsverhältnisse dann angewendet werden können. Auch wenn die zeitgleiche Umsetzung aller Maßnahmen zu einem bestimmten Zeitpunkt hypothetischer Natur ist, muss eine derartige Definition erfolgen, um die gesamte Verkehrsmenge zu einem Prognosezeitpunkt durch alle Maßnahmen gleichberechtigt beeinflussen zu können. Nur dann können sich die sich in einem eher kleinen Schwankungsbereich bewegendenden Auswirkungen der Maßnahmen zu einer Gesamtwirkung akkumulieren.

Die auf den oben entwickelten Maßnahmen basierende Datengrundlage wurde in MOBINET zu zwei Szenarien zusammengefasst, die sich im Umfang der Realisierung der Maßnahmen unterscheiden. Zeitlicher Bezug ist das Jahr 2000, das als Analysezeitpunkt definiert wird. Untersuchungshorizonte sind:

- „Nähere Zukunft“ mit einer Verwirklichung eines „geringeren Umfangs“ der Maßnahmen; der Zeitpunkt der näheren Zukunft wird auf das Jahr 2005 gelegt,
- „Vision“ mit einer Verwirklichung eines „größeren Umfangs“ der Maßnahmen; der Zeitpunkt der Realisierung der Vision wird auf das Jahr 2010 gelegt.

Zu diesen Zeithorizonten wurden jeweils ein Ohne-Fall und ein Mit-Fall miteinander verglichen. Die Ohne-Fälle beinhalten, ausgehend vom heutigen Zustand, alle Maßnahmen, die bis zu dem jeweiligen Zeitpunkt ohne MOBINET-A-Maßnahmen voraussichtlich realisiert worden sind. Dies sind Maßnahmen der Flächennutzungs- und Verkehrsinfrastruktur, die sich in einem fortgeschrittenen Stadium der Planung befinden und deren Realisierung in absehbarer Zeit zu erwarten ist. Bei den Mit-Fällen kommen zu diesen Maßnahmen jeweils die entsprechenden MOBINET-A-Maßnahmen hinzu. Für das Szenario „Nähere Zukunft“ wird davon ausgegangen, dass die im Rahmen von MOBINET entworfenen und dort größtenteils bereits demonstrierten Maßnahmen realisiert worden sind und ihre volle Wirksamkeit entfaltet haben. Für das Szenario „Vision“ wird angenommen, dass die MOBINET-A-Maßnahmen eine Ausweitung auf die gesamte Region München erfahren haben und im Zusammenhang wirken. Dabei wurden für dieses Szenario zwar die Verkehrsbeziehungen aufgrund der Flächennutzungsentwicklung fortgeschrieben, dabei aber keine weiteren Veränderungen der Verkehrsinfrastruktur gegenüber dem Zustand „Nähere Zukunft“ berücksichtigt.

Die Szenarien sollten auf gleichen Randbedingungen aufbauen, um ihre Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Dies geschah im vollen Bewusstsein der Tatsache, dass das Szenario „Vision“ ein Szenario ist, dessen Umsetzung einen Planungsbeginn der einzelnen Maßnahmen mindestens in den 90er-Jahren des letzten Jahrhunderts erfordert hätte. Auf diese Weise ließ sich auch die praktisch nicht mögliche Einführung eines S-Bahn-Störfallmanagements und einer Stadt-Umland-Bahn auf die Zeithorizonte 2005 und 2010 projizieren.

Diese Festlegungen für die bestehende Datengrundlage müssen deshalb auch Grundlage der vorliegenden Arbeit sein.

Nachfolgend werden die Szenarien bezüglich der einzelnen Maßnahmen dargestellt. Die Wertebereiche der Wirkungen der Einzelmaßnahmen werden in Kapitel 5 beschrieben.

3.1 Störfallmanagement der S-Bahn

Das dargestellte Netz entspricht dem Schnellbahnnetz von 2005 gemäß der Planungen aus dem Jahre 1995.

Null-Fall

Kein Störfallmanagement und dementsprechend kein Einfluss auf die Wirkungsermittlung.

Szenario „Geringerer Umfang“

Da die Maßnahmen des Störfallmanagements in diesem Szenario noch nicht verwirklicht sein können, entspricht das Szenario „Geringerer Umfang“ dem Null-Fall.

Szenario „Größerer Umfang“

Störfallmanagementsystem SALTOS und Fahrgastinformationssystem (siehe Kapitel 2) vollständig implementiert.

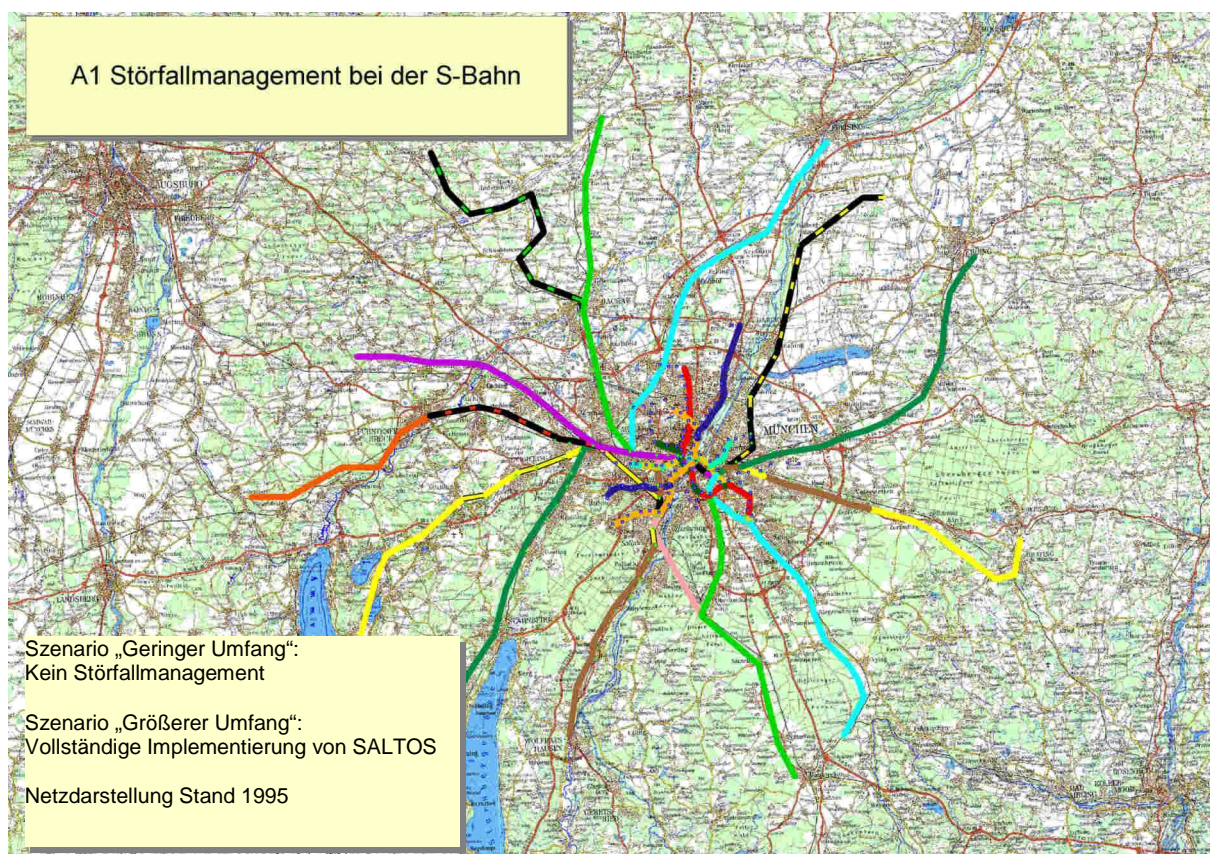


Abb. 3-1: Arbeitsszenarien „Geringerer Umfang“ und „Größerer Umfang“, S-Bahn-Störfallmanagement

3.2 Stadt-Umland-Bahn (SUB)

Die Realisierung der SUB hängt von vielen Faktoren ab, kritisch ist insbesondere die Finanzierbarkeit. Bei der SUB ist außerdem zu berücksichtigen, dass sie das einzige Arbeitspaket in MOBINET A war, das zukünftig zu erwartenden Problemen (flächige Besiedlung des kernstadtnahen Umlandes) vorgreifen will, während sich alle anderen Arbeitspakete mit Lösungen für bereits bestehende Probleme auseinandersetzen.

Null-Fall

Die heute noch nicht so stark ausgeprägten tangentialen Verkehrsbeziehungen werden wie bisher durch ein wenig attraktives Busangebot bedient.

Szenario „Geringerer Umfang“

Als Szenario „Geringerer Umfang“ wird die Realisierung einer der Stadt-Umland-Bahn-Linien unterstellt. Es ist unbestritten, dass die Linie 1 eine Verbindung schaffen würde, die heute schon sinnvoll wäre, weil sie durch die vorhandenen Buslinien nur sehr schlecht bedient wird und die meisten Verbesserungen gegenüber dem stark störanfälligen MIV auf dieser Verbindung bringen würde. Sie führt von Dachau über Karlsfeld und den sog. Nordring nach Unterföhring und zur Messe in Riem.

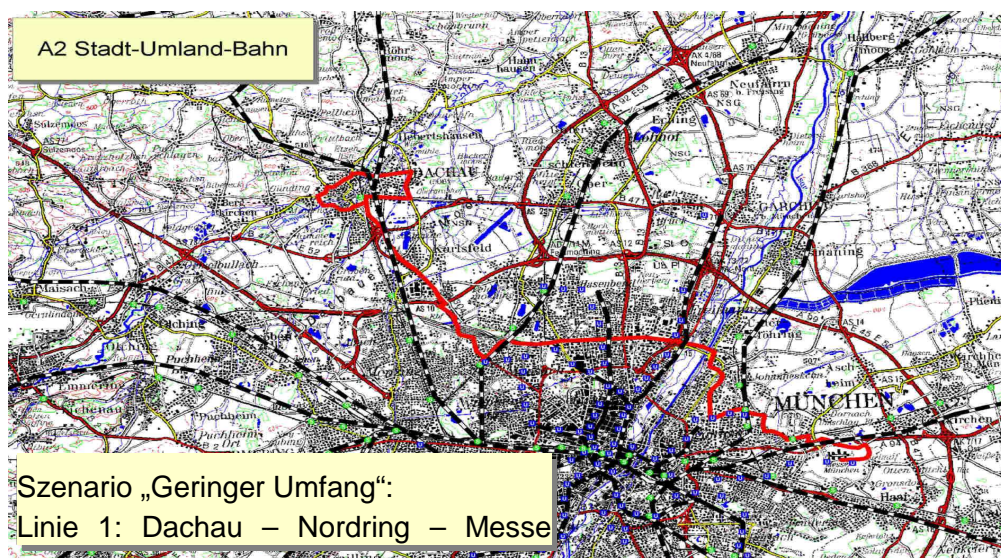


Abb. 3-2: Arbeitsszenario „Geringerer Umfang“, Stadt-Umland-Bahn

Szenario „Größerer Umfang“

Da die Realisierung einer Linie nur eine Korridorerschließung und keine Flächenerschließung bringt, muss das Szenario „Größerer Umfang“ alle vier in der Machbarkeitsstudie vorgeschlagenen Linien beinhalten:

- Linie 1: Dachau - Nordring - Messe Riem
- Linie 2: Aubing - Moosach - Nordring – Ismaning
- Linie 3: Aschheim – Messe Riem – Ottobrunn - Taufkirchen
- Linie 4: Gröbenzell - Germering - Planegg – Fürstenried West.

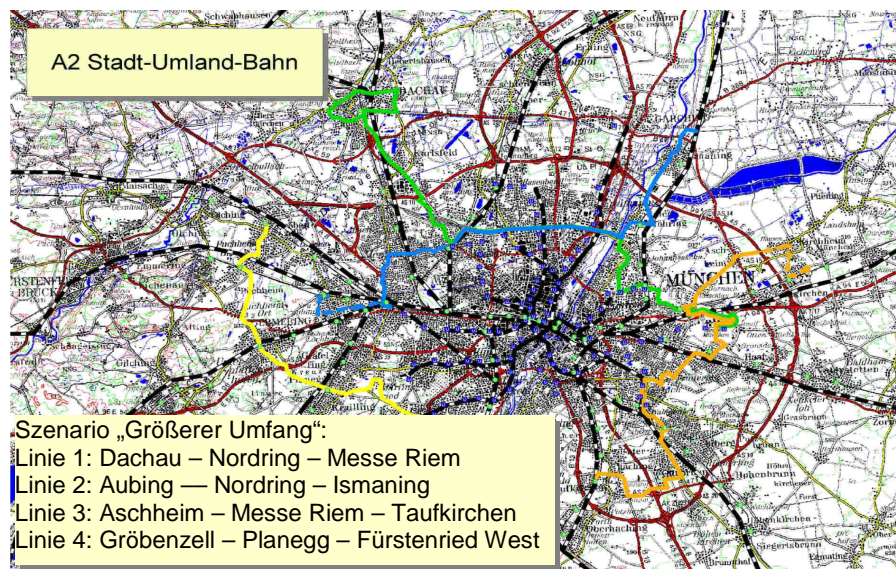


Abb. 3-3: Arbeitsszenario „Größerer Umfang“, Stadt-Umland-Bahn

3.3 Buszubringer zum regionalen SPNV

Null-Fall

Der Null-Fall wird von dem heute üblichen, vor allem auf die Hauptverkehrszeit bezogenen, Angebot geprägt.

Szenario „Geringerer Umfang“

Das Szenario „Geringerer Umfang“ ergibt sich aus dem MOBINET-Demonstrator im Landkreis Erding im Umland von München.

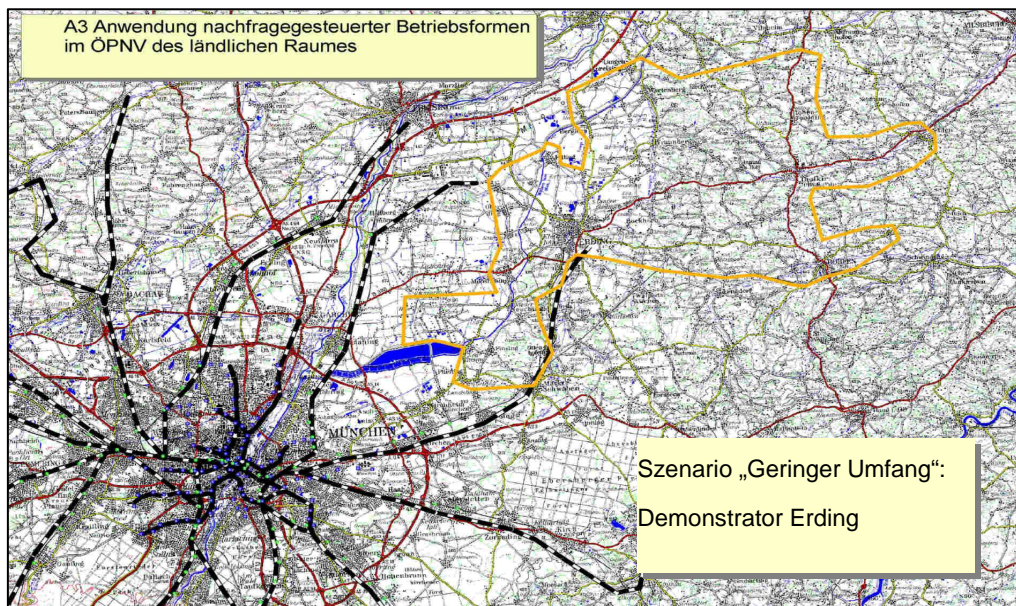


Abb. 3-4: Arbeitsszenario „Geringerer Umfang“, Flexible Betriebsweisen im ÖPNV des ländlichen Raums

Szenario „Größerer Umfang“

Das Szenario „Größerer Umfang“ geht von einer Einführung von flexiblen Betriebsweisen in allen dafür geeigneten Räumen im MVV-Gebiet aus. Die in der folgenden Karte eingetragenen Gebiete sind nur Vorschläge, um entsprechende Korridore und Sektoren anzudeuten. Wichtig ist, dass sich durch die Einführung solcher Systeme die Verfügbarkeit von öffentlichen Verkehrsmitteln in den ländlichen Sektoren merklich verbessert.

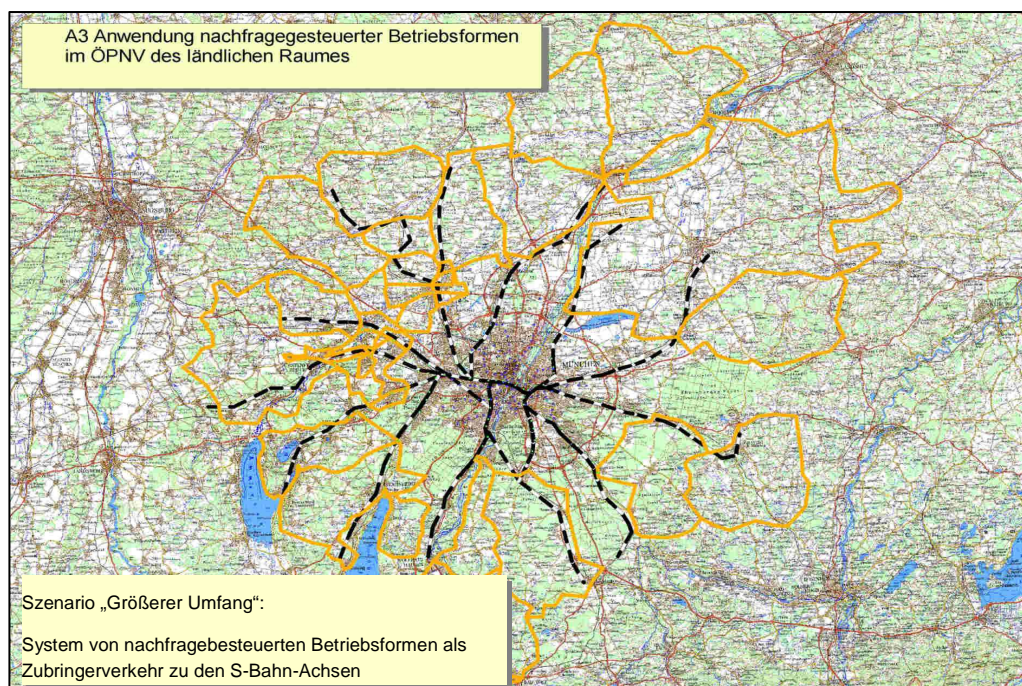


Abb. 3-5: Arbeitsszenario „Größerer Umfang“, Flexible Betriebsweisen im ÖPNV des ländlichen Raums

3.4 Bike-and-Ride

Null-Fall

Im Null-Fall wird lediglich die im Jahr 2000 vorhandene Ausrüstung der Bahnhöfe mit Fahrradabstellanlagen berücksichtigt. Für die Festlegung werden die vom MVV gelieferten Stationslisten mit Angaben über die Ausrüstung mit Bike-and-Ride-Anlagen verwendet.

Szenario „Geringerer Umfang“

Im Szenario „Geringerer Umfang“ werden die drei Demonstratoren in Grafing Bahnhof, Kieferngarten und in Pasing (der allerdings während der Laufdauer von MOBINET nicht mehr realisiert werden konnte) angesetzt. Dazu kommt das in 2004 eröffnete Fahrradparkhaus am neuen U-Bahnhof Olympiaeinkaufszentrum.

Szenario „Größerer Umfang“

Das Szenario „Größerer Umfang“ geht davon aus, dass möglichst viele der derzeit in geringer Qualität vorhandenen Fahrradabstellanlagen aufgewertet werden, so dass sie in Bauart, Ausstattung und vorhandenen Serviceangeboten den Anforderungen der MOBINET-Demonstratoren entsprechen.

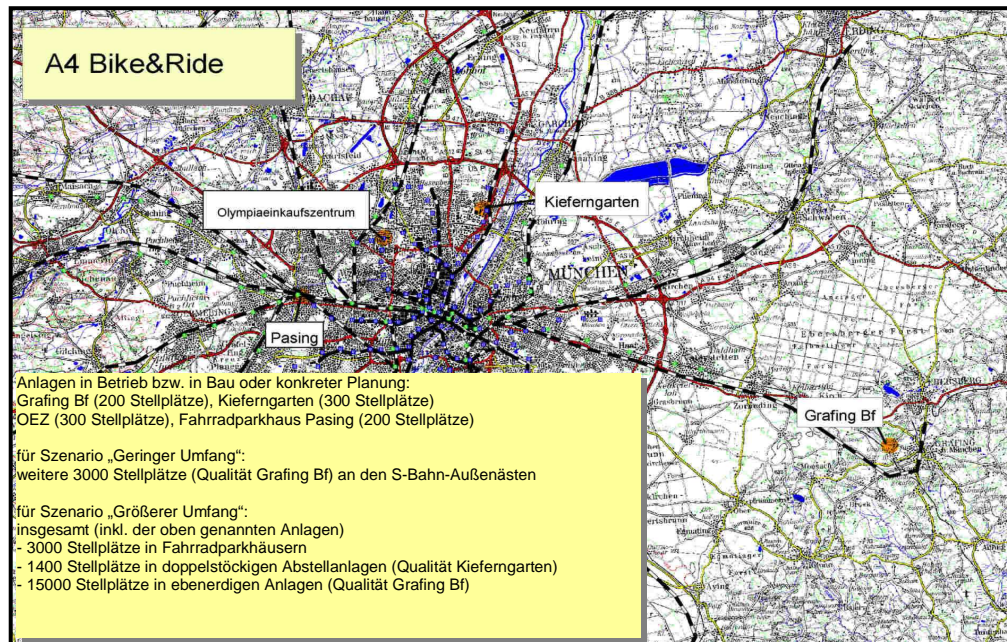


Abb. 3-6: Arbeitsszenarien „Geringerer Umfang“ und „Größerer Umfang“, Bike&Ride

3.5 Park-and-Ride

Gegenstand dieses Arbeitspaketes war ein Standortoptimierungsverfahren (SOV) für P+R-Anlagen. Für die Optimierung müssen Sektoren bestimmt werden, in denen das SOV auf alle dort befindlichen Anlagen angewandt wird. Eine erste Maßnahme, um dem Optimierungsziel „Minimierung des MIV-Anteils an der Gesamtstrecke“ näher zu kommen, ist die Entgelterhebung. Diese Maßnahme wurde im Vorgriff auf das SOV bereits auf Demonstrator-Anlagen angewandt und untersucht.

Null-Fall

Im Null-Fall werden die P+R-Anlagen in ihrer Größe und Verbreitung im Jahr 2000, aber ohne Bewirtschaftungsmaßnahmen berücksichtigt.

Szenario „Geringerer Umfang“

Entgelterhebung auf elf Anlagen der Park&Ride GmbH (P+R-Anlagen im Sektor „Süd-West“ und „Nord“ sowie im Sektor „Süd-Ost“ und der Bahnhof Olympiazentrum).

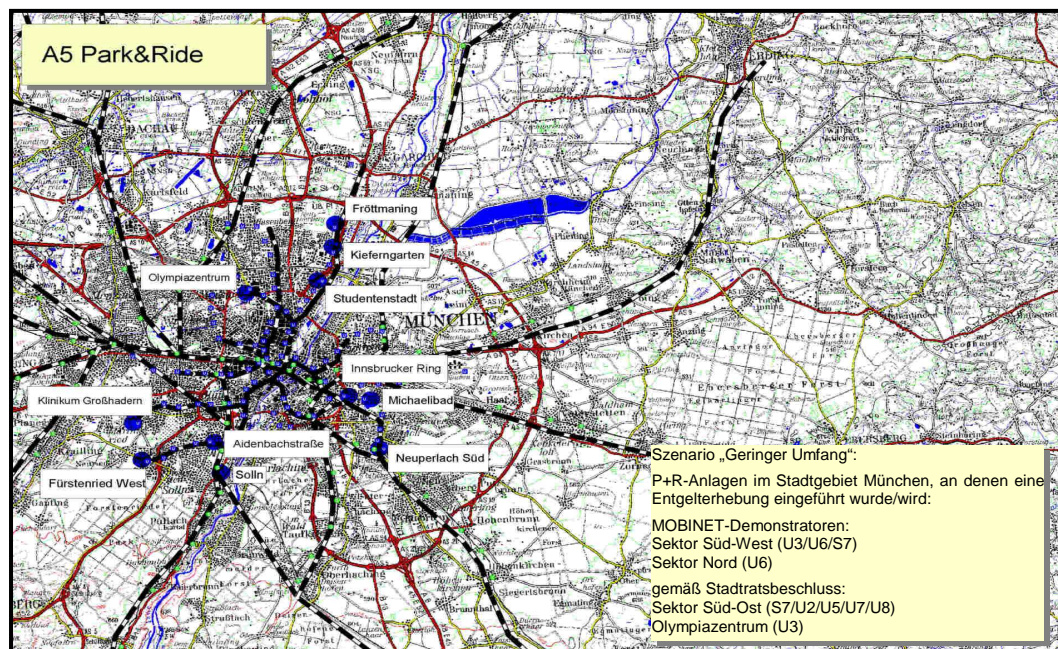


Abb. 3-7: Arbeitsszenario „Geringerer Umfang“, Park&Ride

Szenario „Größerer Umfang“

Das Szenario „Größerer Umfang“ berücksichtigt die Anwendung des in MOBINET entwickelten Standortoptimierungsverfahrens auf alle S-Bahn-Sektoren im MVV-Gebiet. Es gilt dabei, Standorte für neue Anlagen zu benennen und für die bestehenden Ausbaumaßnahmen vorzuschlagen und die Qualität der Anlagen zu verbessern. Außerdem wird unterstellt, dass zu Steuerung der Wahl der P+R-Anlage Parkentgelte erhoben werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Anwendung des SOV erfolgreich ist, ohne dass bei der Szenarienbildung detailliert auf die einzelnen Maßnahmen eingegangen wird, die aus dem SOV resultieren.

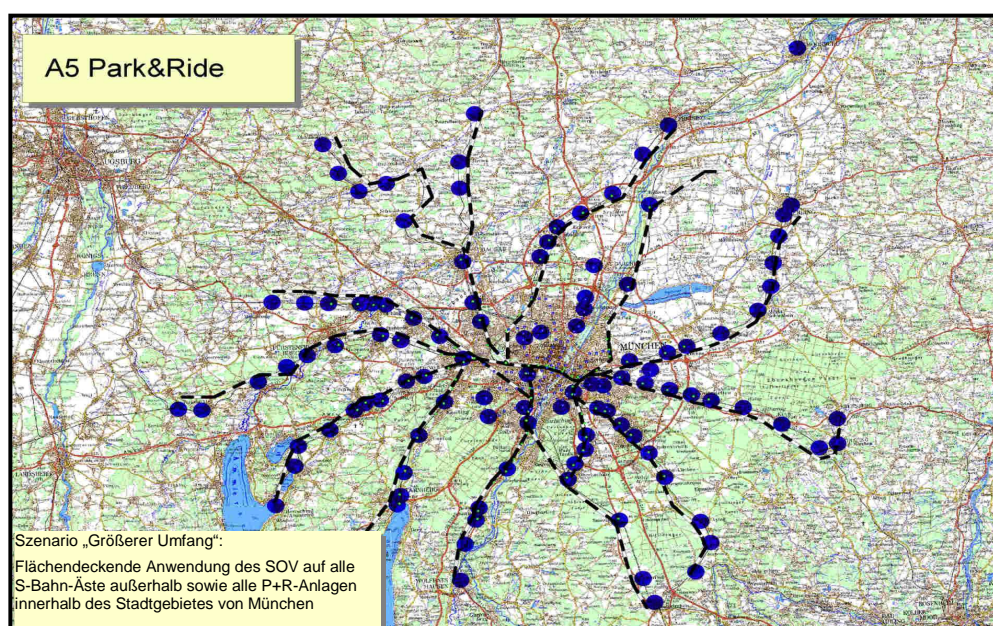


Abb. 3-8: Arbeitsszenario „Größerer Umfang“, Park&Ride

3.6 Parkraummanagement in innenstadtnahen Mischgebieten

Die Verdrängung der Berufspendler aus den Demonstratoren in zur Zeit noch unbewirtschaftete Nachbargebiete kann nicht ohne erheblichen zusätzlichen Datenaufwand berücksichtigt werden. Dieses Problem ist jedoch nur für das Szenario „geringerer Umfang“ relevant. Angesichts der derzeitigen verkehrspolitischen Vorstellungen kann davon ausgegangen werden, dass im Szenario „größerer Umfang“ die Parkraumbewirtschaftung innerhalb sämtlicher Gebiete des Mittleren Rings von München eingeführt sein wird, und somit dann keine Ausweichmöglichkeiten in Nachbargebiete mehr bestehen.

Null-Fall

Der Null-Fall berücksichtigt die Situation vor Einführung der Parkraumbewirtschaftung in den Demonstrationsgebieten.

Szenario „Geringerer Umfang“

Das Szenario „Geringerer Umfang“ umfasst die MOBINET-Demonstratoren in Schwabing Mitte, Altschwabing und im südlichen Lehel sowie die danach beschlossenen acht Lizenzgebiete in Au/Haidhausen und die Erweiterung der Lizenzgebiete im Lehel.

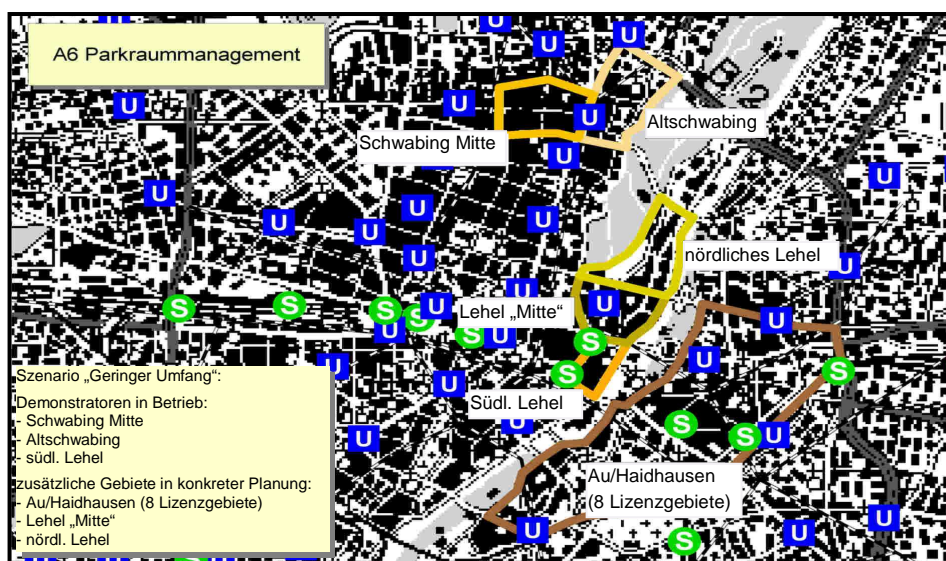


Abb. 3-9: Arbeitsszenario „Geringerer Umfang“, Parkraumbewirtschaftung

Szenario „Größerer Umfang“

Das Szenario „Größerer Umfang“ geht von Maßnahmen der Parkraumbewirtschaftung innerhalb des gesamten Mittleren Rings aus. Zusätzlich wurden hier noch einige Gebiete außerhalb des Mittleren Rings angedacht, die aufgrund ihrer Lage zum Mittleren Ring, ihrer Parkplatznot und/oder Versorgung mit attraktiven öffentlichen Verkehrsmitteln dieselben Qualitäten aufweisen wie die Gebiete innerhalb des Mittleren Rings.

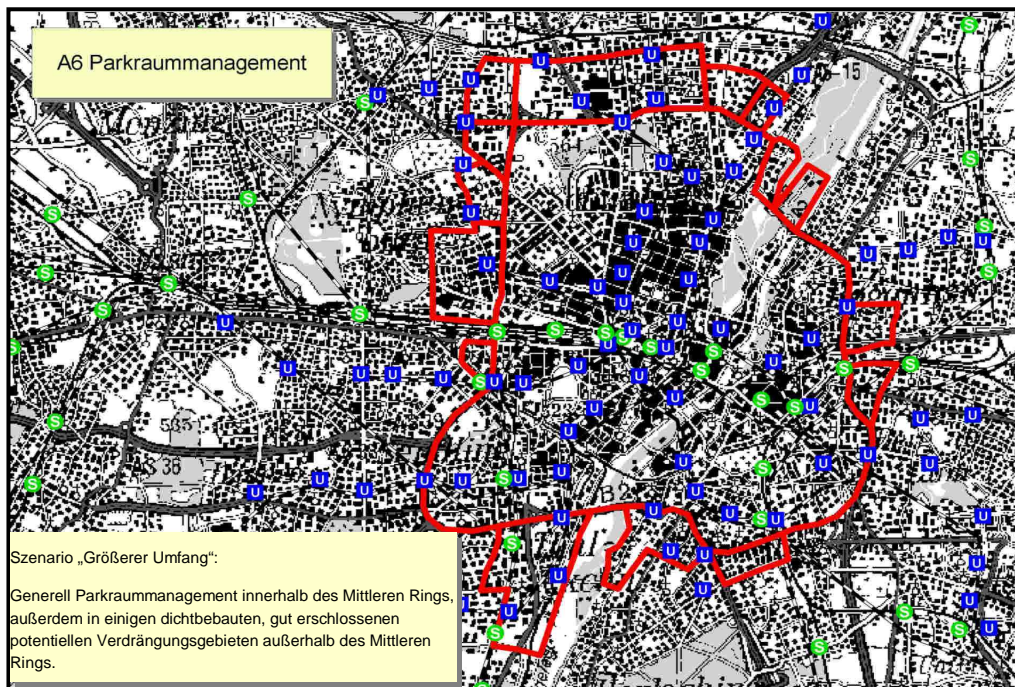


Abb. 3-10: Arbeitsszenario „Größerer Umfang“, Parkraumbewirtschaftung

4 Auswahl eines Verfahrens zur Vorhersage der Verkehrsmittelwahl

4.1 Grundzüge vorhandener Verfahren

Die Verkehrsmittelwahl ist Teil eines Entscheidungsprozesses im Zusammenhang mit Ortsveränderungen. Neben der Entscheidung, wann und zu welchem Ziel eine Ortsveränderung stattfinden soll, muss entschieden werden, welches Verkehrsmittel auf welcher Route dabei benutzt wird. Die Summe der Ortsveränderungen bildet die Verkehrsnachfrage.

Die vorhandene Verkehrsnachfrage lässt sich erheben. Die zukünftige Verkehrsnachfrage lässt sich aus der heutigen Verkehrsnachfrage nur dann hochrechnen, wenn die soziodemografischen Einflussgrößen gleich bleiben oder sich in allen Verkehrszellen gleichmäßig ändern. Eine solche Hochrechnung erfolgt z. B. anhand der Entwicklungen von Motorisierungsgrad, Fahrleistung, Einwohnerzahl und anderen Größen. Bei einer ungleichmäßigen Änderung der Einflussgrößen (z. B. unterschiedliche Änderungen der Siedlungsstruktur in den Zellen des Untersuchungsgebietes), oder wenn Maßnahmen zur Veränderung des Angebots ergriffen werden, muss die zukünftige und/oder potenzielle Verkehrsnachfrage aus ihren Einflussgrößen abgeleitet werden. Hierzu dienen Modelle, welche die Wirkungsmechanismen in Form mathematischer Zusammenhänge abbilden.

Um solche Modelle handhabbar zu machen, wird der Entscheidungsprozess in der Regel in die Stufen

- Entscheidung für eine Ortsveränderung (Verkehrserzeugung),
- Zielwahl,
- Verkehrsmittelwahl,
- Routenwahl

unterteilt. Eine solche Unterteilung ist jedoch eine Vergröberung des Entscheidungsprozesses, denn die Einzelentscheidungen werden häufig nicht nacheinander, sondern im gegenseitigen Zusammenhang getroffen: So hängt z. B. die Entscheidung, ob und wann eine Ortsveränderung stattfindet, oft von der Qualität der zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Verkehrsmittel ab, und auch die Entscheidung über das Ziel einer Ortsveränderung wird teilweise von der Verfügbarkeit der verschiedenen Verkehrsmittel bestimmt. Bei einer Entscheidung über das Verkehrsmittel muss häufig zwischen der Angebotsqualität auf verschiedenen Routen abgewogen werden, so dass sich auch eine Rückkopplung mit der Verkehrsmittelwahl ergibt.

Bei den Modellen zur Vorhersage der Verkehrsnachfrage ist zu unterscheiden zwischen

- einer phänomenologischen Darstellung des Verkehrsgeschehens und
- einer kausalen Ableitung des Verkehrsgeschehens aus dem Verhalten der Verkehrsteilnehmer.

Die phänomenologische Darstellung des Verkehrsgeschehens benutzt statistische Verfahren oder Analogien zu naturwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten. Die kausale Ableitung des Verkehrsgeschehens aus dem Verhalten der Verkehrsteilnehmer benutzt ökonomische Modelle und geht von einer individuellen Nutzenmaximierung aus.

Die Entwicklung von Verfahren der Ermittlung der Verkehrsnachfrage ist in den letzten Jahrzehnten Gegenstand intensiver Forschung gewesen, ohne dass die bisher erzielten Ergebnisse allseits überzeugen können. Detaillierte Ausführungen über Modelle zur Vorhersage der Verkehrsnachfrage finden sich bei WERMUTH (1987) und BOBINGER (2001).

In der vorliegenden Arbeit geht es nicht um den gesamten Entscheidungsprozess im Zusammenhang mit Ortsveränderungen, sondern lediglich um die Entscheidung über die Verkehrsmittelwahl. Die Verkehrsbeziehungen, die das Ergebnis der Entscheidung über das Ob, das Wann und das Ziel einer Ortsveränderung sind, werden normalerweise an anderer Stelle ermittelt und bilden die Eingangsgrößen für die hier vorgenommenen Untersuchungen. Durch diese Unterteilung muss das Fehlen der Rückkoppelung zwischen Verkehrsmittelwahl und Entstehen der Ortsveränderungsabsicht in Kauf genommen werden. Aus diesen Gründen wird das methodische Problem der Verkehrserzeugung und der Zielwahl einschließlich der Rückkoppelungen zwischen den verschiedenen Stufen der Nachbildung des Entscheidungsprozesses hier nicht weiter behandelt. Anders ist es mit der Routenwahl, die Rückwirkungen auf die Parameter der Verkehrsmittelwahl hat.

Bei der Vorhersage der Verkehrsmittelwahl unterscheidet man:

- Wahlfreie Verkehrsteilnehmer („choice riders“):
Die Verkehrsteilnehmer haben aufgrund ihrer persönlichen Situation, der Fahrtumstände und der Lage der Ziele die Möglichkeit, zwischen ÖPNV und MIV zu wählen.
- ÖPNV-gebundene Verkehrsteilnehmer („captive riders“):
Die Verkehrsteilnehmer sind aufgrund ihrer persönlichen Situation (z. B. mangelnder Führerscheinbesitz oder nicht verfügbarer Pkw) oder aufgrund der Art der aufgesuchten Ziele (z. B. keine Parkmöglichkeiten im Zielgebiet) auf die Benutzung öffentlicher Verkehrsmittel angewiesen.
- MIV-gebundene Verkehrsteilnehmer („captive drivers“):
Die Verkehrsteilnehmer haben aufgrund ihrer persönlichen Situation (z. B. gesundheitliche Gründe, Nichtinformiertheit), aufgrund von Fahrtumständen (z. B. Transport von größeren Gegenständen, Witterungssituation) oder aufgrund der Nichterreichbarkeit der Ziele durch öffentliche Verkehrsmittel subjektiv und/oder objektiv keine andere Wahl, als den Pkw zu benutzen.

KIRCHHOFF (2002) weist darauf hin, dass ein Verkehrsteilnehmer seine Bindung an den ÖPNV durch die Anschaffung eines Pkw trotz eines objektiv guten ÖPNV relativ einfach überwinden kann. Ein Ausscheren aus einer MIV-Bindung ist dagegen gerade bei einem schlechten oder gar fehlenden ÖPNV-Angebot schwieriger, denn der Verkehrsteilnehmer kann als Einzelner das ÖPNV-Angebot nicht verändern.

Die Einflussgrößen der Verfahren ergeben sich aus

- Eigenschaften der Quell- und Zielzellen sowie
- Eigenschaften der Routen/Verkehrsmittel zwischen Quell- und Zielzellen.

Der Modal Split kann verkehrszellenbezogen im Anschluss an die Ermittlung des Verkehrsaufkommens („trip-end“) und verbindungsbezogen im Anschluss an die Ermittlung der Zielwahl („trip-interchange“) ermittelt werden. Der verkehrszellenbezogene Modal Split bildet das Verhalten sämtlicher in der betroffenen Verkehrszelle ermittelten Verkehrsteilnehmer in Abhängigkeit von der verkehrlichen Erschließung dieser Zelle ab, während sich die Berechnung des verbindungsbezogenen Modal Splits nur auf die wahlfreien Verkehrsteilnehmer bezieht.

Die Darstellung der Grundzüge der Verfahren zur Ermittlung der Verkehrsmittelwahl lehnt sich an die Darstellung von KIRCHHOFF (2002) an.

Für die Aufteilung der Verkehrsnachfrage auf die verschiedenen Verkehrsmittel wird entweder ein Widerstandsmodell verwendet, das eine Analogie zum Kirchhoff'schen Gesetz der Aufteilung des elektrischen Stroms auf parallele Leitungen mit verschiedenen Widerständen darstellt, oder ein Logit-Modell, das die Aufteilung nach dem Nutzen für den einzelnen Verkehrsteilnehmer vornimmt.

Das Widerstandsmodell hat die Form:

$$p_{ijm} = \frac{w_m^\delta}{\sum_{k=1}^n w_k^\delta}$$

- p_{ijm} Wahrscheinlichkeit für die Wahl des Verkehrsmittels m auf der Verbindung $i \rightarrow j$
 k Index der Verkehrsmittel $1 \dots m \dots n$,
 m betrachtetes Verkehrsmittel m ,
 w_k Widerstand auf dem Verkehrsmittel k ,
 w_m Widerstand auf dem Verkehrsmittel m ,
 δ Parameter zur Beschreibung des Verhaltens gegenüber dem Widerstand (muss empirisch bestimmt werden).

D.h., die Fahrten teilen sich auf die verschiedenen Verkehrsmittel nach dem Verhältnis der dort jeweils herrschenden Widerstände auf.

Das Logit-Modell beruht auf einer Wahrscheinlichkeitsbetrachtung stochastischen Verkehrsmittelwahlverhaltens und hat die Form:

$$P_{ijm} = \frac{e^{-u_{ijm}}}{\sum_{k=1}^n e^{-u_{ijk}}}$$

- p_{ijm} Wahrscheinlichkeit für die Wahl des Verkehrsmittels m auf der Verbindung $i \rightarrow j$
 k Index der Verkehrsmittel $1 \dots m \dots n$,
 m betrachtetes Verkehrsmittel m
 u_{ijm} Nutzen eines Weges von i nach j mit dem Verkehrsmittel m .
 u_{ijk} Nutzen eines Weges von i nach j mit dem Verkehrsmittel k .

D.h., die Fahrten teilen sich auf die verschiedenen Verkehrsmittel nach dem Verhältnis ihres jeweiligen Nutzens auf.

Neben den vorgenannten Modellgrundformen gibt es noch weitere Modellvarianten, wie zum Beispiel das PROBIT-, das DOGIT- (GAUDRY, 1977) und das RUBIT-Modell (BRILON 1996, 2001). Sie unterscheiden sich lediglich in der mathematischen Herangehensweise an die Problematik.

Im einfachsten Fall wird der Widerstand w als Funktion der Reisezeit t ausgedrückt ($w = \alpha \cdot t$). Die Größe α ist dabei ein Parameter, welcher die Zeitempfindlichkeit der Verkehrsteilnehmer angibt. Diese Vorgehensweise unterstellt, dass die Verkehrsteilnehmer ausschließlich auf Differenzen in der Beförderungsdauer reagieren. In Wirklichkeit fließt aber eine Reihe weiterer Einflussgrößen in die Entscheidung ein, z. B:

- Anteile unterschiedlicher Komponenten der Reisezeit (im ÖPNV: Wartezeit, Fußwegzeit; im MIV: Parksuchzeit),
- Kosten,
- Beförderungskomfort,
- Zuverlässigkeit (Wahrscheinlichkeit von Zeitverlusten durch Stau oder Verspätungen),
- Schwierigkeiten beim Finden eines Parkplatzes,
- Vorlieben oder Abneigungen gegenüber bestimmten Verkehrsmitteln,
- Attraktivität von P+R-Anlagen, sofern P+R in den Modal Split einbezogen wird.

Damit erweitern sich die Widerstandsfunktionen um weitere Komponenten, wobei für jede Komponente ein gesonderter Parameter erforderlich ist, der auch die unterschiedlichen Dimensionen berücksichtigen muss. Um diese Probleme zu vermeiden, werden die unterschiedlichen Einflussgrößen i. d. R. in Reisezeitäquivalente umgerechnet, wozu allerdings ebenfalls Parameter erforderlich sind. Diese Parameter haben keine Allgemeingültigkeit, sondern müssen in jedem Anwendungsfall mit Hilfe von empirischen Untersuchungen kalibriert werden. Bei einer alleinigen Addition der Reisezeitäquivalente aus den verschiedenen Einflussgrößen

bleiben darüber hinaus die Abhängigkeiten, die zwischen den einzelnen Einflussgrößen bestehen, unberücksichtigt. Eine Möglichkeit, diesem Problem beizukommen, besteht in der Anwendung der Methode der „conjoint analysis“, die aus den Wirtschaftswissenschaften stammt, die aber ebenfalls umfangreiche Erhebungen erfordert.

Bei einer Befragung von Verkehrsteilnehmern nach der Einschätzung der verschiedenen Einflussgrößen auf die Verkehrsmittelwahl muss unterschieden werden, ob die Befragten die Eigenschaften der Verkehrsmittel kennen und ihre Urteile vor dem Hintergrund ihrer Erfahrung abgeben oder ob es sich um neue, noch unbekannte Ausprägungen der Verkehrsmittel handelt. Im ersten Fall wird das tatsächliche Verhalten abgefragt und der Einfluss der einzelnen Systemausprägungen auf dieses Verhalten ermittelt. Man spricht dann von „revealed preference“. Wenn die Wirkung geplanter, bisher noch nicht bekannter Verkehrsmittel abgefragt werden soll, muss den Befragten zunächst ein Bild von der zukünftigen Ausprägung des Systems gegeben werden. Dies muss ganzheitlich und unter möglichst genauer Beschreibung der einzelnen Ausprägungen geschehen. Die daraufhin abgegebenen Urteile werden dann als „stated preference“ bezeichnet. Auf diesem Gebiet hat vor allem AXHAUSEN (1995) gearbeitet.

In den ökonomischen Modellen werden die verschiedenen Einflussgrößen anstatt in Reisezeitäquivalente in Kosten umgerechnet und als Zahlungsbereitschaft interpretiert. Die Umrechnung in Zahlungsbereitschaft weist grundsätzlich dieselben Probleme auf wie die o. g. Umrechnung in Reisezeitäquivalente.

In der Praxis wird i.d.R. gefordert, bei Investitionsentscheidungen neben den Kosten auch den Nutzen nachzuweisen. Dies geschieht im ÖPNV derzeit mit Hilfe der „Standardisierten Bewertung“. Kern dieses Bewertungsverfahrens ist ein auf dem LOGIT-Modell basierendes Modal-Split-Modell, das aufgrund seiner Einbindung in die Standardisierte Bewertung eine häufige Anwendung erfährt.

Ein Modal-Split-Modell berechnet i.d.R. den absoluten Wert der Verkehrsmittelanteile. Aufgrund verkehrszellen- oder verkehrsbeziehungsspezifischer Besonderheiten weicht der real vorhandene, beobachtbare Modal-Split-Wert mehr oder weniger stark von den mathematischen Mittelwerten der Modellrechnung ab. Der im Modell der Standardisierten Bewertung durch die mathematische Funktion gegebene Trend des Verkehrsmittelwahlverhaltens ist demgegenüber sehr viel stabiler und allgemeingültiger. Bei Kenntnis von Analyse- (oder notfalls von Modellfall „Ohne“-) Werten kann durch die Berechnung der Änderung von den bekannten/vorhandenen Modal-Split-Werten zu den Prognosewerten eine sehr viel zuverlässigere Aussage der Veränderung erreicht werden. Eine rein modellmäßige Berechnung absoluter Verkehrsmittelanteilwerte im Prognose („Mit“-) Fall könnte beispielsweise trotz ÖPNV-Verbesserungen rein rechnerisch Verschlechterungen des Prognose-Verkehrsmittelanteils ergeben, wenn bereits die Analysewerte aufgrund spezifischer Besonderheiten über dem Modelldurchschnitt liegen.

Die Formel des Modal-Split-Änderungs-Modells in der Standardisierten Bewertung lautet:

$$\Delta a_{ij,\delta v} = \frac{1}{1,1+e^{g_1+g_2 \cdot \frac{w_{ij,IV}}{w_{ij,\delta v}(m)}}}} - \frac{1}{1,1+e^{g_1+g_2 \cdot \frac{w_{ij,IV}}{w_{ij,\delta v}(o)}}}}$$

- w_{ij,v_m} Widerstand auf der Strecke $i \rightarrow j$ mit Verkehrsmittel v_m
($v_m = MIV$ oder ÖPNV),
(m) Mit-Fall,
(o) Ohne-Fall,
g Gewicht (Parameter).

Die Widerstände werden als Reisezeitäquivalente oder Zahlungsbereitschaften interpretiert. Die Ermittlung der Widerstände aus den Kenngrößen des Angebots erfolgt mit Hilfe von standardisierten und im Verfahren fest vorgegebenen Parametern.

Die Kennwerte des Angebots sind nicht nur von der Verkehrsbeziehung abhängig, sondern von der für diese Verkehrsbeziehung gewählten Route. Deshalb muss der Ermittlung des Modal Splits die Ermittlung des Routen-Split vorgeschaltet werden. In Straßennetzen bestehen i. d. R. unterschiedliche Routen, um von der Quelle i zum Ziel j zu gelangen. Im ÖPNV ist die Zahl solcher Routen meist eingeschränkt. Dies gilt insbesondere für die Verbindung zwischen den Gemeinden des Umlandes und der Kernstadt, nicht jedoch innerhalb der Kernstadt, wo aufgrund einer stärkeren Vernetzung die Wahl unterschiedlicher Routen möglich ist.

Die Modelle zur Ermittlung der Routenwahl benutzen dieselben Analogien wie die Modelle der Verkehrsmittelwahl. Ebenso sind die Probleme bei der Ermittlung der Widerstände und des Nutzens dieselben wie bei den o. g. Modellen der Verkehrsmittelwahl. Wenn man bereits die Wahl eines bestimmten Verkehrsmittels als Routenwahl abstrahiert wird diese Analogie noch deutlicher.

Das Widerstandsmodell hat die Form

$$p_r = \frac{w_r^\delta}{\sum_{k=1}^n w_k^\delta}$$

- p_r Anteil der Fahrten zwischen i und j , der auf die Route r entfällt,
 k Index der Routen $1 \dots r \dots n$,
 r betrachtete Route r ,
 w_r Widerstand der Route r ,
 w_k Widerstand der Route k ,
 δ Parameter zur Beschreibung des Verhaltens gegenüber dem Widerstand, muss empirisch bestimmt werden

Das Logit-Modell hat die Form:

$$p_r = \frac{e^{-u_{ijr}}}{\sum_{k=1}^n e^{-u_{ijk}}}$$

- p_r Anteil der Fahrten zwischen i und j, der auf die Route r entfällt,
 k Index der Routen 1...r...n,
 r betrachtete Route r,
 u_r Nutzen der Route r,
 u_k Nutzen der Route k, muss empirisch bestimmt werden.

Für die Abbildung der Routenwahl wird hier das Rechenprogramm WWAHL von BRAUN (1980) verwendet. In diesem Verfahren werden auf Basis einer speziellen Realisierung des DIJKSTRA-Algorithmus (1959) Bestwegrouten auch in sehr großen, detaillierten und komplexen Verkehrswegenetzen effizient aufgebaut. Voraussetzung für die Anwendung des Verfahrens von BRAUN ist eine spezielle Netzcodierung.

WWAHL benötigt für die Berechnung eine Strukturierung des Netzes in „Stutzen“ (Verkehrsquelle und –senken), die die Anbindung der Verkehrszellen an das eigentliche Netz sicherstellen, und die Netzkanten an sich. Diese können wiederum in verschiedenen Typen unterteilt werden. Zwischen den einzelnen Kanten können jeweils Zuschläge als „Abbiegewiderstände“ vorgesehen werden. Welche Strecken überhaupt miteinander verbunden sind, wird durch die Festlegung der Folgestrecken in der Netzstrukturtafel explizit festgelegt.

Durch die Eingabe verschiedener Streckentypen können bei der Widerstandsberechnung Strecken ein- und ausgeschaltet werden. Außerdem ist es möglich, für die Auswertung der gewählten Bestwege festzuhalten, welche Streckentypen wie oft benutzt wurden und wie hoch die Anzahl der Umsteigevorgänge auf dem jeweiligen Bestweg ist. Auf diese Art und Weise ist es möglich, dieses eigentlich für die Wegewahl in MIV-Netzen entwickelte Verfahren auf die hier vorliegenden Anforderungen eines ÖPNV-Netzes mit allen detaillierten Ausprägungen der Teilwege einer ÖPNV-Route (entspr. Abb. 5.2-1) anzuwenden.

4.2 Anforderungen aus der vorliegenden Aufgabenstellung

Das Verfahren zur Abschätzung der Maßnahmenwirkungen muss die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Die gegenseitige Beeinflussung der Maßnahmen, die synergetisch oder kontraproduktiv sein kann, muss abgebildet werden können.
- Die Wirkungsanalysen der jeweiligen Maßnahmen müssen auf das gesamte Untersuchungsgebiet ausgedehnt werden können.
- Das Verfahren muss prognosefähig sein, um die Auswirkungen einer erst in weiterer Zukunft möglichen Realisierung der Maßnahmen abschätzen zu können.
- Das Verfahren muss dem Stand der Technik entsprechen.

- Die Wirkungsanalyse ist in Randbedingungen einzubetten, die sich aus der Situation im Untersuchungsraum insgesamt ergeben.
- Maßnahmen, die unabhängig von den ergriffenen Maßnahmen absehbar bis zum Prognosehorizont verwirklicht werden, müssen bei der Wirkungsanalyse berücksichtigt werden.

Die Berechnung der Veränderungen in der Verkehrsmittelwahl wird unter Berücksichtigung der folgenden im Projekt MOBINET vereinbarten Annahmen vorgenommen:

- Im Prognosezeitraum für das Szenario „Größerer Umfang“ gibt es keine grundlegenden Veränderungen in den Verhaltensweisen der Bewohner und in der Siedlungsstruktur.

Bei einer Realisierung der Stadt-Umland-Bahn könnten wegen der dadurch geschaffenen neuen Schienen-Tangentialverbindungen Verschiebungen im Strukturgefüge des Umlandes entstehen. Diese Veränderungen dürften aber erst langfristig eintreten und auch über den Prognosezeitraum des Szenarios „Größerer Umfang“ hinausgehen.

- Durch die Maßnahmen wird keine Änderung der Zielwahl verursacht.

Angesichts des kurzen Prognosezeitraums und der Konzentration der Untersuchung auf den Berufsverkehr werden die Veränderungen der Zielwahl so gering sein, dass sie vernachlässigt werden können. Bei der derzeitigen allgemeinen Wirtschaftslage ist davon auszugehen, dass Wohnstandort und Arbeitsplatz nicht wegen der Veränderungen im Verkehrsangebot gewechselt werden, so dass Berufspendler die Relation des imperativen Fahrtzwecks „Wohnung zum Arbeitsplatz“ beibehalten und nur dessen inter- bzw. intramodale Abwicklung ändern.

- Bei der Berechnung der Wirkungen erfolgt eine Begrenzung auf die HVZ.

Eine Parkraumbewirtschaftung mit zeitlich ansteigenden Parkgebühren verdrängt die langzeitparkenden Berufspendler. Dadurch werden zusätzliche Parkmöglichkeiten für den in der NVZ ablaufenden Erledigungs-, Einkaufs-, und Freizeitverkehr frei. Diese Wechselwirkungen können in den verfügbaren Modal-Split-Modellen und mit den vorhandenen Daten nicht abgebildet werden.

- Die Maßnahmen erzeugen keinen induzierten Verkehr im ÖPNV.

Unter induziertem Verkehr werden neu entstehende Verkehrsbeziehungen definiert, die bisher weder mit dem MIV noch dem ÖPNV realisiert werden konnten. Die Berechnung induzierten Verkehrs ist zwar im Modal-Split-Modell der Standardisierten Bewertung vorgesehen. Hier wurde jedoch davon abgesehen, da hierfür eine daten- und raummäßig detailliertere Betrachtung der jeweiligen Bereiche notwendig gewesen wäre, die im Rahmen dieser Arbeit nicht leistbar ist.

- Es werden keine Änderungen der tageszeitlichen Ablaufmuster angenommen.

Es wäre denkbar, dass beispielsweise aufgrund des Parkraummanagements Berufspendler- oder Einkaufs-/Erledigungsfahrten nunmehr früher oder später unternommen werden, um Effekte der Parkraumbewirtschaftung nutzen bzw. diesen begegnen zu können. Diese Effekte entziehen sich der Abbildungsgenauigkeit der verfügbaren Modelle.

- Speziell für die hier verwendete Datengrundlage gilt, dass die Maßnahmen anderer MOBINET-Arbeitsbereiche, insbesondere die Maßnahmen im motorisierten Individualverkehr, die Wirkungen der hier behandelten Maßnahmen auf den Modal-Split nicht beeinflussen.

Die Verbesserungen von Lichtsignalanlagensteuerungen und die belastungsabhängige Steuerung des MIV im Netz können Auswirkungen auf die Berechnung der reisezeit-äquivalenten Widerstände des MIV haben, was zu einer Verringerung des Anteils der Wechsler vom MIV auf den ÖPNV führen könnte. Umgekehrt würde eine Verbesserung des Verkehrsflusses für den MIV auf den Ring- und Einfallstraßen durch die Einführung des Parkraummanagements konterkariert werden. Eine Berücksichtigung dieser komplexen Zusammenhänge war Inhalt der Gesamtbewertung aller Maßnahmen des Projektes MOBINET und ist deswegen nicht Inhalt dieser Arbeit.

4.3 Gewähltes Verfahren

Die Wahl des in der vorliegenden Arbeit verwendeten Verfahrens wird neben anderen Kriterien auch durch die vorhandenen oder erhebbaren Daten bestimmt.

Für die hier vorliegende Fragestellung nach der Wirkung verschiedenartigen Maßnahmen auf die Verkehrsmittelwahl in einer Metropolregion, in der erhebliche soziodemografische Differenzierungen der Teilgebiete bestehen, scheiden empirische Untersuchungen zur Kalibrierung einer Vielzahl von Parametern von vornherein aus. Es muss deshalb ein Verfahren angewendet werden, das die verschiedenartigen Einflüsse auf die Ersatzgröße Reisezeit projiziert und die hierfür erforderlichen Parameter standardisiert. Ein solches Verfahren findet sich in der „Standardisierten Bewertung für Verkehrswegeinvestitionen im öffentlichen Personennahverkehr“ und hat damit sowohl eine hohe Verbreitung als auch eine hohe Verbindlichkeit in der Beurteilung von Maßnahmen. Da es nicht die Aufgabe der vorliegende Arbeit ist, sich in die Forschungen zur Weiterentwicklung von Modal-Split-Modellen einzureihen, sondern die Maßnahmenwirkungen an einem räumlich ausgedehnten Anwendungsfall aufzuzeigen, wird hier der pragmatische Weg der Anwendung eines weit verbreiteten Verfahrens gewählt, auch wenn die methodischen Unzulänglichkeiten die Genauigkeit der Ergebnisse beeinträchtigen.

Im vorliegenden Fall hat auch die Tatsache, dass die Stadt München gezwungen ist, für die Einwerbung staatlicher Investitionszuschüsse die Wirtschaftlichkeit der vorgesehenen Maßnahmen ebenfalls mit Hilfe des Verfahrens der Standardisierten Bewertung nachzuweisen, dazu geführt, dass dieses Verfahren gewählt wurde, um eine unmittelbar vergleichbare Beurteilung der Wirkungen der MOBINET-Maßnahmen durchführen zu können.

5 Verfahrensschritte zur Ermittlung der Modal-Split-Änderungen

5.1 Algorithmus

Die Wahl des Verkehrsmittels hängt von Widerständen ab, welche die verschiedenen Verkehrsmittel besitzen. Die Widerstände errechnen sich aus den Kenngrößen des Angebots. Im Ohne-Fall ist dies das vorhandene Angebot und im Mit-Fall das durch die Maßnahmen veränderte Angebot.

In dem hier verwendeten, der Standardisierten Bewertung entnommenen Verfahren, wird die Änderung des Modalsplit $\Delta a_{ij,\ddot{O}V}$ wie folgt abgebildet:

$$\Delta a_{ij,\ddot{O}V} = \frac{1}{1,1+e^{g_1+g_2 \cdot \frac{W_{ij,IV}(m)}{W_{ij,\ddot{O}V}(m)}}} - \frac{1}{1,1+e^{g_1+g_2 \cdot \frac{W_{ij,IV}(o)}{W_{ij,\ddot{O}V}(o)}}$$

- $w_{ij,vm}$ Widerstand auf der Strecke $i \rightarrow j$ mit Verkehrsmittel vm ,
- i Zelle des Ausgangspunktes der Reise (Quellzelle)
- j Zelle des Endpunktes der Reise (Zielzelle)
- (m) Mit-Fall,
- (o) Ohne-Fall,
- g Gewicht (Parameter).

Abb. 5.1-1: Formel zur Berechnung der Modal-Split-Änderungen

In der ursprünglichen Formulierung im Rahmen der Standardisierten Bewertung wird davon ausgegangen, dass sich die Angebotsqualität nur im ÖPNV ändert und nicht im MIV. Deshalb entfällt dort die Differenzierung des MIV-Widerstandes in einen Ohne-Fall und einen Mit-Fall. In der Realität ist auch die Parkraumbewirtschaftung eine wichtige Maßnahme zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl, so dass auch im MIV zwischen einem Ohne-Fall und einem Mit-Fall unterschieden werden muss.

Die Gewichte g_1 und g_2 für die Widerstandsverhältnisse zwischen MIV und ÖPNV sind Parameter, die aufgrund einer Kalibrierung anhand von Anwendungsfällen bestimmt wurden. Sie werden in der Standardisierten Bewertung mit 3,5 und -4,2 angegeben (Version 2000, Anhang 2, Tabelle 2-8). Die Ableitung der Gewichte aus Anwendungsfällen stellt zwar sicher, dass das Modell die Realität des Analyse-Ohne-Falls hinreichend genau wiedergibt, sie sagt aber nichts über die Prognosefähigkeit der Parameter und entzieht sie auch einer kausalen Interpretation.

Zwischen den Quellzellen i und den Zielzellen j gibt es im allgemeinen Fall mehrere Routen $r_{1...n}$. Der Widerstand zwischen i und j setzt sich zusammen aus den Widerständen auf den einzelnen Routen, die mit den Nutzungswahrscheinlichkeiten (erwartete Anzahl der Fahrten) der Routen gewichtet werden. Da auf den Verbindungen zwischen Umland und Kernstadt meist nur eine Route relevant ist – i.d.R. die Route unter Einschluss der S-Bahn – wird auf die Einbeziehung mehrerer Routen verzichtet und davon ausgegangen, dass die Verkehrsteilnehmer jeweils die Route mit dem geringsten Reisezeitäquivalent benutzen. Aus diesem Grunde

wird bei der Routensuche ein Bestwegverfahren verwendet, das nur die widerstandsminimale Route sucht und sämtliche Fahrten zwischen i und j dieser Route zuweist (siehe Kapitel 4). Schon bei der Begrenzung auf die Bestwege gibt es im vorliegenden Untersuchungsraum über 1 Mio. Routen.

5.2 Widerstandsberechnung

Die Berechnung der Widerstände W_{ij} folgt den Vorgaben der Standardisierten Bewertung (Version 2000). Um einen einheitlichen Maßstab für die Widerstände zu erhalten, werden alle den Widerstand beeinflussenden Größen, die nicht in der Dimension von Zeiten vorliegen, in „Reisezeitäquivalente“ umgerechnet. Dafür sind in der Standardisierten Bewertung Regeln und Parameter angegeben, die das subjektive Zeitempfinden der Verkehrsteilnehmer bei den nicht zeitbezogenen Einflussgrößen abbilden sollen. Sie wurden anhand der Kalibrierung von Anwendungsfällen ermittelt und sind deshalb im Nachhinein und im Einzelnen nicht nachvollziehbar. Die Reisezeitäquivalente werden unmittelbar als Widerstände genutzt, so dass die Bezeichnungen Widerstand (W) und Reisezeitäquivalent (R) synonym sind.

Im ÖPNV wird der Gesamtwiderstand aus einem routenbezogenen Widerstand und einem Widerstand der Systemverfügbarkeit zusammengesetzt. Laut Standardisierter Bewertung sind diese Widerstände Funktionen folgender Kenngrößen des Angebots:

- Routenwiderstand aus den routenbezogenen Kenngrößen
 - Reisezeit von i nach j (einschl. Fußweg- und Wartezeiten),
 - Umsteigemodalitäten,
 - Qualität der Stationsausstattung und der Fahrzeuge,
- Widerstand aus der Systemverfügbarkeit
 - Anzahl der Fahrten je Zeiteinheit.

Die Reisezeit im ÖPNV setzt sich aus den Reisezeiten für folgende Teilwege zusammen:

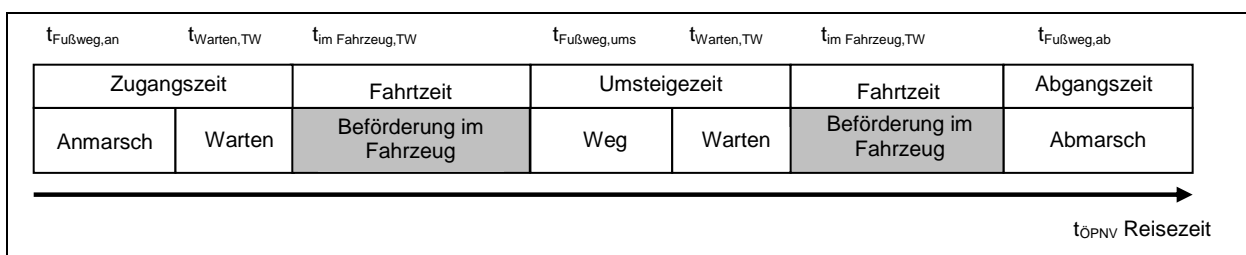


Abb. 5.2-1: Reisezeitkomponenten

Die Umsteigemodalitäten werden in Form eines Zeitverlustes ausgedrückt.

Der Teilweg der Beförderung im Fahrzeug wird mit einem absoluten (additiv) und einem relativen (multiplikativ) Zeitzuschlag versehen, der aus der Aufenthaltsqualität an der Station und im Fahrzeug resultiert.

Die Anzahl der Fahrten je Zeitintervall ergibt sich unmittelbar aus dem Angebot.

Die Reisezeitäquivalente für die Ermittlung der Widerstände werden getrennt nach den routenbezogenen Widerständen und dem Widerstand aus der Systemverfügbarkeit wie folgt ermittelt:

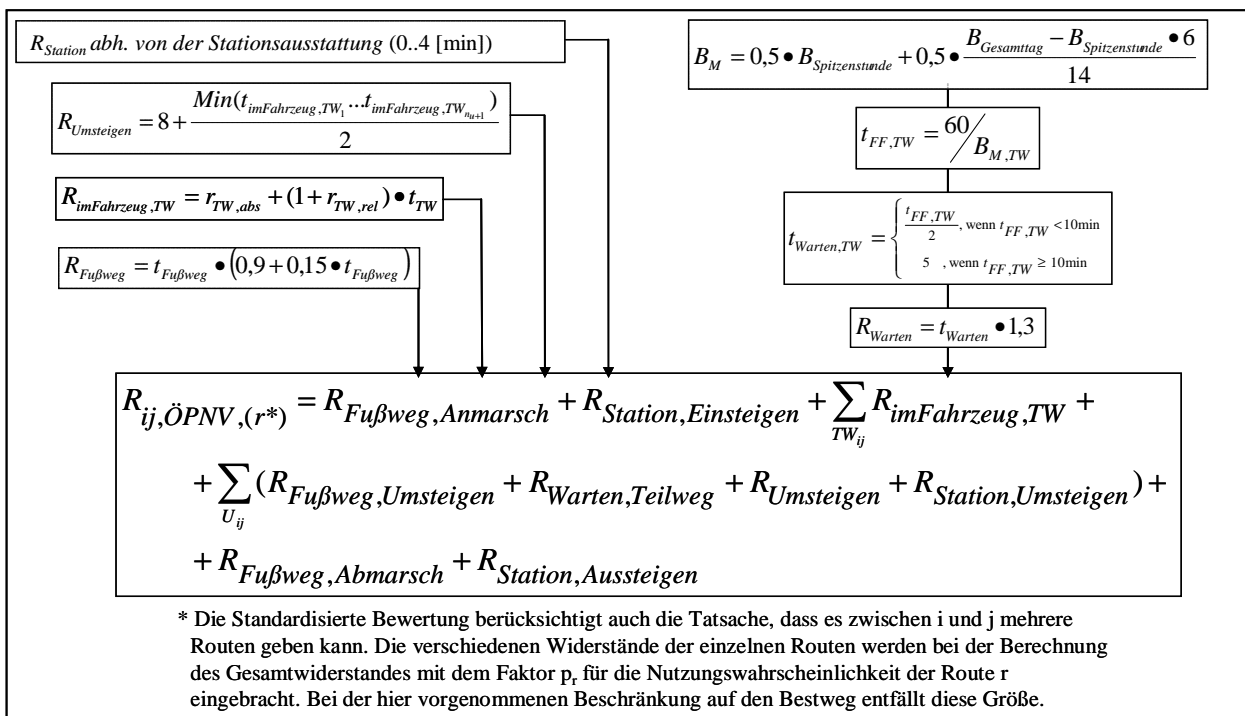


Abb. 5.2-2: Ermittlung der Reisezeitäquivalenzwerte für den Routenwiderstand im ÖPNV

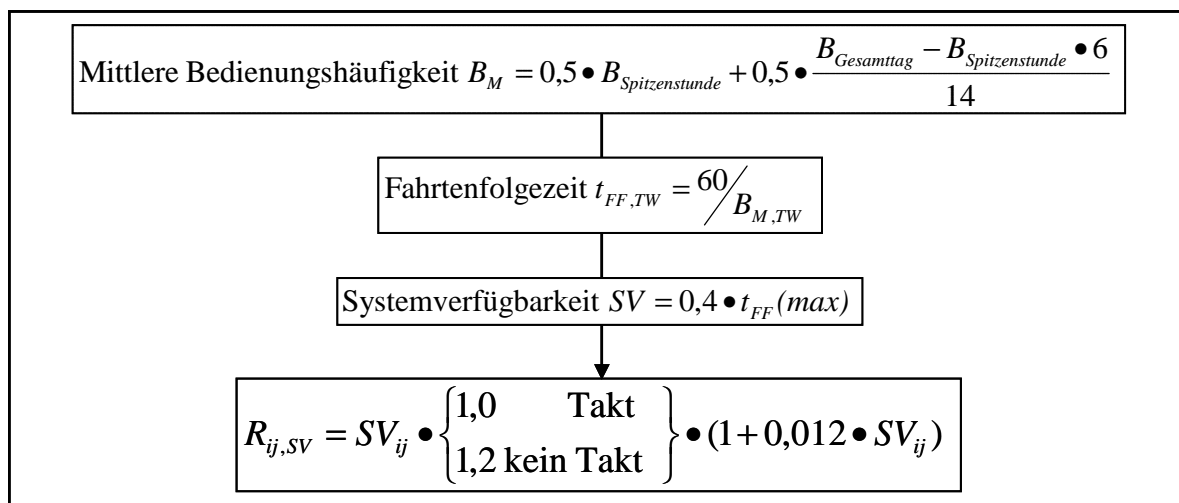


Abb. 5.2-3: Ermittlung des Reisezeitäquivalenzwertes $R_{ij,sv}$ aus der Systemverfügbarkeit SV im ÖPNV

Der MIV-Widerstand setzt sich aus der Fahrzeit $T_{ij,MIV}$ (inkl. pauschaler Zeiten für den Fußweg von und zum Auto) sowie aus der Parkplatzverfügbarkeit V_P im Startgebiet i und im Zielgebiet j zusammen:

$$W_{ij,MIV} = \frac{T_{ij,MIV}}{\min(V_{P,i}, V_{P,j})}$$

Die Zeit für die Parkplatzsuche wird in der Datengrundlage nicht explizit berücksichtigt, es muss davon ausgegangen werden, dass dieser Wert in der Reisezeit enthalten ist.

Der ÖPNV-Widerstand und der MIV-Widerstand gehen wie folgt in die Berechnung der Modal-Split-Änderung $\Delta a_{ij,\text{ÖPNV}}$ ein:

$$\Delta a_{ij,\text{ÖPNV}} = \frac{1}{1,1+e} \frac{1}{3,5-4,2 \cdot \frac{W_{ij,MIV}^{(m)}}{W_{ij,\text{ÖPNV}}^{(m)}}} - \frac{1}{1,1+e} \frac{1}{3,5-4,2 \cdot \frac{W_{ij,MIV}^{(o)}}{W_{ij,\text{ÖPNV}}^{(o)}}}$$

$\text{MIV - Widerstand } W_{ij,MIV} = \frac{T_{ij,MIV}}{\min(V_{P,i}, V_{P,j})}$
 $\text{ÖPNV - Widerstand } W_{ij,\text{ÖPNV}} = R_{ij,sv} + R_{ij,\text{ÖPNV}}$

Abb. 5.2-4: Ermittlung der Modal-Split-Änderung $\Delta a_{ij,\text{ÖPNV}}$ aus dem ÖPNV- und dem MIV-Widerstand

5.3 Anpassung der Widerstände an den Anwendungsfall

Einige Angebotsmerkmale, die bei der hier vorliegenden Fragestellung für den Widerstand eine Rolle spielen, werden in dem Verfahren der Standardisierten Bewertung nicht zufriedenstellend berücksichtigt. Dies betrifft insbesondere

- die Ausstattung der ÖPNV-Stationen bei Bike-and-Ride und Park-and-Ride,
- die Zuverlässigkeit des Fahrtablaufs bei der S-Bahn,
- die Verfügbarkeit von Stellplätzen bei der Parkraumbewirtschaftung.

Dies macht es erforderlich, die Parameter entsprechend der vorliegenden Aufgabenstellung anzupassen. Um hierdurch keine unkontrollierten Modal-Split-Änderung hervorzurufen, werden die modifizierten Parameter vor ihrer Anwendung einer Sensitivitätsanalyse unterzogen.

Aufgrund der in der Standardisierten Bewertung angegebenen Definitionsbereiche der Parameter wurden Annahmen für die Auswirkung einer Verbesserung oder Verschlechterung des Verkehrsangebots auf diese Parameter getroffen. Mit diesen Annahmen wurden dann die Modal-Split-Veränderungen berechnet. Gleichzeitig wurde ein sinnvoller Bereich um die Original- und die veränderten Parameterwerte herum ebenfalls in den Berechnungen berücksichtigt, so dass für ein und dieselbe Maßnahme ein Wertebereich in Abhängigkeit verschiedener Annahmen für die Parameter abgebildet werden konnte. Hierdurch können (bzgl. einer Ver-

änderung) hochsensitive Parameter bzw. Definitionsbereiche aufgedeckt werden, die eine genauere Untersuchung erfordern würden.

Die in den Grafiken dargestellten Regressionsgeraden sind lediglich als exemplarischer Test der Wirkungszusammenhänge zu verstehen und mit einer Standardformel in MS Excel erstellt worden. Sie resultieren aus der Erkenntnis, dass das Verhalten der Modal-Split-Änderungsformel in den realistischen Bereichen als annähernd linear anzusehen ist.

Störfallmanagement

Die Standardisierte Bewertung geht von einem Verkehr nach Fahrplan aus. Dies ist aber allgemein und speziell im für die hier verwendete Datengrundlage verantwortlichen Münchener S-Bahn-System zumindest zum Zeitpunkt der Durchführung des Forschungsvorhabens MOBINET nicht der Fall. Die Störungen weisen einen Umfang auf, der zu einer erheblichen Abwertung des Systems in den Augen der Fahrgäste geführt hat.

Das Störfallmanagement hat zum Ziel, die Planmäßigkeit des Fahrtablaufs zu gewährleisten und bei unvermeidlichen Abweichungen die Fahrgäste darüber zu informieren.

Um für die Zuverlässigkeit des Fahrtablaufs keine neue Widerstandskomponenten schaffen zu müssen, die in der Standardisierten Bewertung nicht enthalten sind und das Verfahren erheblich verändern würden, wird die Planmäßigkeit des Fahrtablaufs als Einflussgröße der Systemverfügbarkeit und der Aufenthaltsqualität an den Stationen angesehen und den entsprechenden Widerstandskriterien hinzugefügt. Aus der Sicht des Fahrgastes sinkt die Systemverfügbarkeit, wenn die Züge nicht zu der im Fahrplan angegebenen Zeit verkehren. Im Störfall bekommt zusätzlich die Information über die Störungen eine besondere Bedeutung, die der Qualität der Stationsausstattung zugerechnet werden kann. Die Wirkungen des Störfallmanagements schlagen sich damit in den Reisezeitäquivalenzwerten für den Stationswiderstand (R_{Station}) und die Systemverfügbarkeit ($R_{ij,SV}$) nieder.

Der Reisezeitäquivalenzwert für die Systemverfügbarkeit $R_{ij,SV}$ hängt neben der Fahrtenfolge von einem Faktor ab, der zwischen Taktverkehr und „Kein Takt“ unterscheidet. Bei der Berechnung des Reisezeitäquivalenzwertes der Systemverfügbarkeit $R_{ij,SV}$ werden in der Standardisierten Bewertung ein Bonus für den Taktverkehr und ein Malus für einen nicht getakten Verkehr eingeführt:

$$R_{ij,SV} = SV_{ij} \cdot \left\{ \begin{array}{ll} 1,0 & \text{Takt} \\ 1,2 & \text{kein Takt} \end{array} \right\} \cdot (1 + 0,012 \cdot SV_{ij})$$

Für die hier durchgeführten Berechnungen wurde die Formel abgeändert und ein Zwischenwert eingefügt, um die Wirklichkeit bzw. die Maßnahmengrundlage besser abbilden zu können: Eine beeinträchtigte Zuverlässigkeit der S-Bahn durch einen schiefen Takt im Störfall fließt bei der Berechnung von $R_{ij,SV}$ ohne das Störfallmanagement mit einem Malus-Wert von 1,1 ein. Ein erfolgreiches Störfallmanagement wird mit dem Wert von 1,0 für die weitgehende Aufrechterhaltung des Taktes belegt. Bei einem 20-Minuten-Takt bedeutet dies eine mögliche Verbesserung um 52 Sekunden, bei einem 40-Minuten-Takt kommt es bereits zu einer Verringerung von $R_{ij,SV}$ um fast 2 Minuten.

Beim Reisezeitäquivalenzwert für die Systemverfügbarkeit ist zu berücksichtigen, dass die Fahrtenfolgezeit der Gesamtverbindung angesetzt wird, was der Fahrtenfolgezeit des auf dieser Verbindung am seltensten verkehrenden Verkehrsmittels entspricht. Bei Benutzung von Zubringerverkehren im ländlichen Raum wirkt sich eine Erhöhung der Systemverfügbarkeit bei der S-Bahn also eher nicht aus.

In der Sensitivitätsanalyse wird untersucht, inwieweit sich die Veränderung der Systemverfügbarkeit im Gesamtergebnis niederschlägt. Hier kann aus der Formel für die Veränderung des Modal-Splits eine leichte exponentielle Verteilung vermutet werden (siehe Kapitel 5.2), die aber in den Bereichen um die von der Standardisierten Bewertung vorgeschlagenen Werte herum als linear anzusehen ist.

Die folgende Abbildung stellt die erreichbaren Verkehrsmittelwechsler in Abhängigkeit des gewählten Faktors für den Taktverkehr dar. Die Abhängigkeit vom Parameter für den reduzierten Stationswiderstand infolge der verbesserten Fahrgastinformation wird mit den Werten 0s und 120s dargestellt. In den dunkelblauen bzw. roten Regressionsgeraden ist zusätzlich der Faktor 0 für den Taktverkehr als Wert der Gerade berücksichtigt. Da der hier untersuchte Reisezeitäquivalenzwert multiplikativ in die Formel eingeht, reagiert das Gesamtsystem etwas sensibler als bei den anderen Variablen.

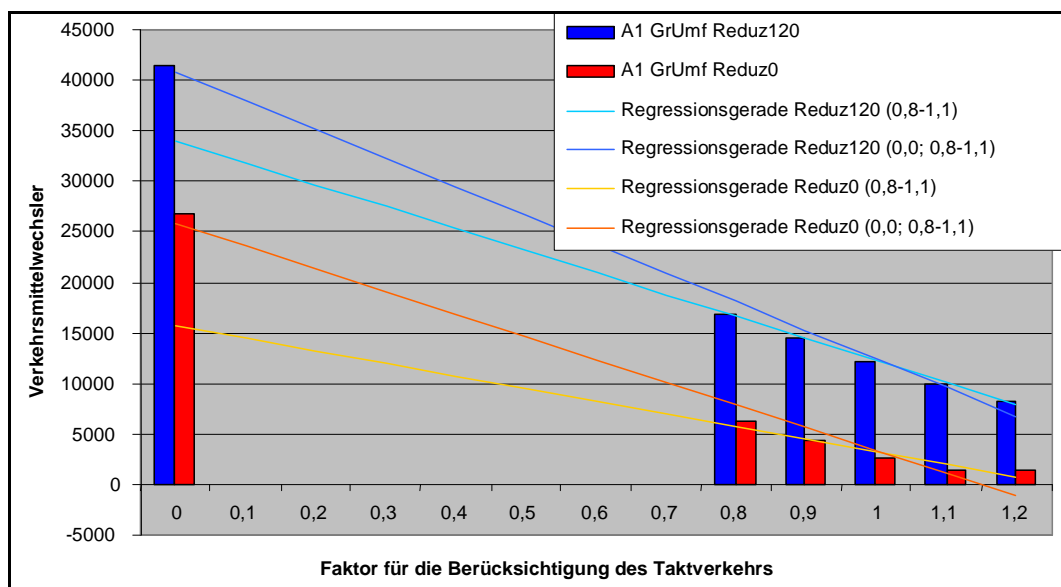


Abb.5.3-1: Erreichte Umsteigerzahlen in Abhängigkeit von der Reduzierung der Systemverfügbarkeit durch einen gestörten Takt.

Die Standardisierte Bewertung nennt für Stationen von Schienenverkehrsmitteln zehn Kriterien, unter anderem auch den Punkt Fahrgastinformation. Bei Fehlen von mehr als zwei der Kriterien, wird der Widerstand R_{Station} um 2 Minuten erhöht, bei mehr als vier Kriterien sind dies 4 Minuten. Als Informationsmedien werden allerdings nur statische Elemente verstanden, die keine online-Information über gestörte Betriebszustände zulassen. Die im Rahmen von MOBINET A durchgeführte Befragung von Verkehrsteilnehmern und die darauf aufbauende Potentialanalyse hat jedoch ergeben, dass das Informationsdefizit bzw. die mangelnde Qualität der Information im Störfall ein wichtiger Hinderungsgrund für die Benutzung des ÖPNV ist. Diese Verbesserung der Fahrgastinformation im Störfall wird in der Berechnung deshalb mit einer Reduktion des Reisezeitäquivalents der Information um 120 Sekunden berücksichtigt.

Auch hierfür wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt:

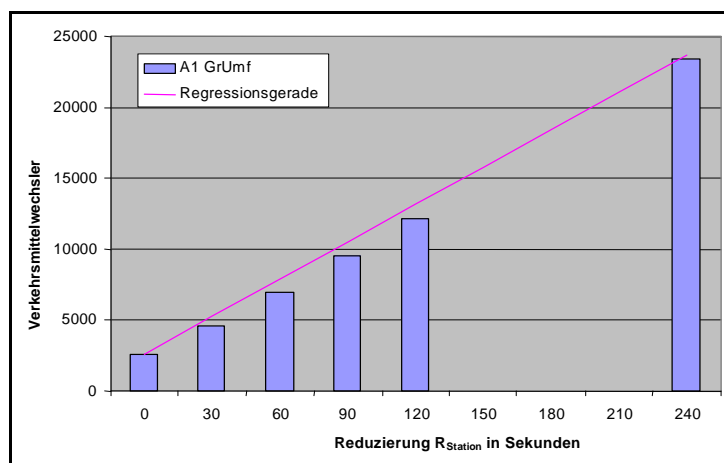


Abb.5.3-2: Verkehrsmittelwechsler in Abhängigkeit von verbesserter Information im Störfall

Bei der Variation des Reisezeitäquivalents für den Stationswiderstand von 0 bis 240 Sekunden kann allenfalls eine leicht exponentielle Steigerung der Umsteigerzahlen (entsprechend der Modal-Split-Änderungsformel) erkannt werden, so dass auch die Regressionsgerade noch nahe genug am Ergebnis liegt. Der absolute Einfluss des Störfallmanagements auf den Modal Split im Gesamtsystem des ÖPNV ist trotz der höheren Reduktion des Widerstandes geringer als beim Bike-and-Ride (siehe unten). Dies ist aber nur scheinbar ein Widerspruch, denn die verbesserten Fahrradabstellanlagen werden an allen Schnellbahnhaltstellen angenommen (also auch an der U-Bahn), während die Information über Störfälle im S-Bahn-Bereich nur bei S-Bahn-Haltstellen angesetzt wird. Eine Ausweitung des Störfallmanagements auf alle Schnellbahnhaltstellen hätte höhere Auswirkungen. Die lineare Veränderung des ÖPNV-Anteils in Abhängigkeit der Reduktion des Stationswiderstandes zeigt, dass man bei jedem System Untersuchungen über die tatsächliche Empfänglichkeit der Verkehrsteilnehmer für solche Verbesserungen anstellen muss.

Stadt-Umland-Bahn

Die Stadt-Umland-Bahn (SUB) wirkt sich auf den Reisezeitäquivalenzwerte der Systemverfügbarkeit $R_{ij,sv}$, und die der routenbezogenen Kenngrößen $R_{imFahrzeug}$, $R_{Station}$ und $R_{Umsteigen}$ aus.

Der Reisezeitäquivalenzwert $R_{ij,sv}$ für die Systemverfügbarkeit verbessert sich von einem 60-Minuten-Takt vorher zu einem 10-Minuten-Takt nachher um gut 26 Minuten.

Der Reisezeitäquivalenzwert $R_{imFahrzeug}$ ist von der Fahrzeugausstattung und vom Fahrweg abhängig. Beim Vergleich einer 20-minütigen Fahrt mit dem Regionalbus und mit der SUB kann es so zum Beispiel zu einer Verbesserung des $R_{imFahrzeug}$ um 7 Minuten kommen, wenn man annimmt, dass der Regionalbus bis zu drei Kriterien der Fahrzeugausstattung nicht erfüllt und als „nicht spurgeführt“ im Mischverkehr mit dem MIV fährt, wohingegen die SUB maximal ein Kriterium der Fahrzeugausstattung nicht erfüllt und als spurgeführtes, grundsätzlich nicht dem Mischverkehr mit dem MIV unterworfenen Verkehrsmittel angesehen wird.

Bei R_{Station} kann man in den meisten Fällen davon ausgehen, dass eine Aufwertung von einer Bushaltestelle zu einer modernen Schienenverkehrsmittelhaltestelle vorliegt. Da das Busnetz in den Szenarien nicht an die SUB angepasst wurde, kommt diese Verbesserung nur zum Tragen, wenn tatsächlich die SUB bei der Routenwahl verwendet wird. Dass dies geschieht, dafür dürften die generell kürzeren Fahrzeiten auf der SUB sorgen. Die Verringerung des Reisezeitäquivalents dürfte dabei im Bereich von 1-2 Minuten liegen.

In den Umsteigewiderstand gehen neben dem Zeitaufwand für den Umsteigeweg und der Wartezeit auch die Unbequemlichkeit von Umsteigevorgängen ein. Für die Unbequemlichkeit des Umsteigens wird in der Standardisierten Bewertung zu einer Grundkomponente des Reisezeitäquivalenzwertes (hier als GKR bezeichnet) von 8 Minuten eine fahrzeitabhängige Komponente addiert. Sie besteht für den n-ten Umsteigevorgang aus der Hälfte der Fahrzeit für den n-zeitkürzesten Routenabschnitt (in der Verfahrensbeschreibung als TW bezeichnet) der Gesamtroute. Insgesamt wird also für die fahrzeitabhängige Komponente der Gesamtroute die Summe der Dauer der Teilstrecken TW um die längste Teilstrecke reduziert und dann halbiert.

$$R_{\text{Umsteigen}} = 8 + \frac{\text{Min}(t_{\text{imFahrzeug}, TW_1} \dots t_{\text{imFahrzeug}, TW_{n_u+1}})}{2}$$

Dieses Reisezeitäquivalent für das Umsteigen muss streng genommen sowohl bei der Routensuche als auch bei der Ermittlung der Modal-Split-Veränderung berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung bereits bei der Routensuche würde den Rechenaufwand angesichts der insgesamt sehr großen Anzahl an Routen (etwa 1 Mio. im Untersuchungsgebiet) erheblich erhöhen. Deshalb wird bei der Routensuche auf die fahrzeitabhängige Komponente verzichtet. Stattdessen wird bei der Routensuche die Unbequemlichkeit des Umsteigens vorerst nur berücksichtigt, indem bei der Formatierung des Streckennetzes auf alle Umsteigestrecken die Grundkomponente des entsprechenden Reisezeitäquivalents (GKR, lt. Standardisierter Bewertung 8 Minuten) aufgebracht wird. Sie wird später im Modal-Split-Modell gegen das oben angegebene Reisezeitäquivalent einschließlich der fahrzeitabhängigen Komponente ausgetauscht. Vorteil dieses Vorgehens ist, dass man die Grundkomponente variieren und das Umsteigen schon bei der Routenwahl attraktiver oder unattraktiver machen und damit die Modellannahmen hinsichtlich der Routenwahl steuern kann. Das Format des verwendeten Routensuchalgorithmus (Verfahren WWAHL, siehe Kap. 4) lässt Werte für diese Grundkomponente von 0 bis 144 Minuten zu.

In der nachstehenden Sensitivitätsanalyse wird untersucht, welchen Einfluss die Veränderung der Grundkomponente bei der Routenwahl auf die Umsteigerzahlen hat und welche für die Berechnung der Routenwahl den geringsten Fehler verursacht.

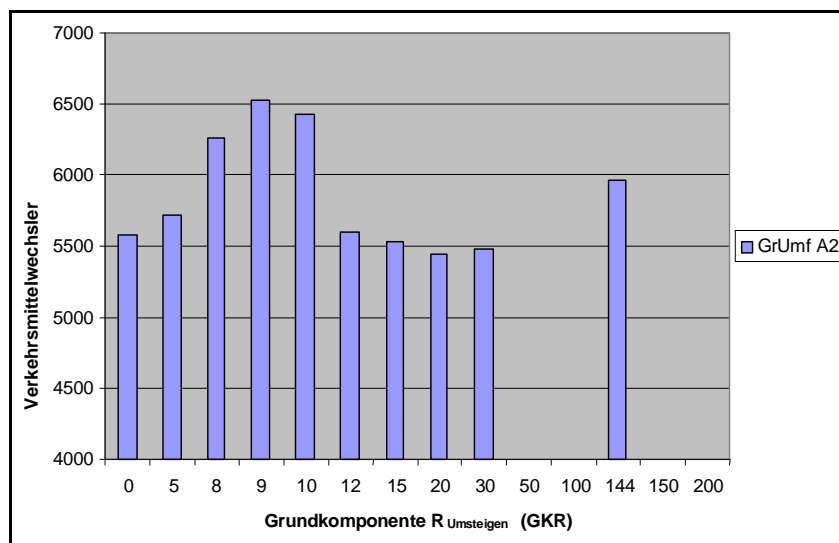


Abb. 5.3-3: Verkehrsmittelwechsler in Abhängigkeit von der bei der Routenwahl möglichen Grundkomponente des Reisezeitäquivalents für das Umsteigen.

Die Abbildung zeigt den Verlauf der erreichten Verkehrsmittelwechsler beim Szenario „Größerer Umfang“ der Maßnahmen für die Stadt-Umland-Bahn in Abhängigkeit der bei der Routenwahl gewählten Grundkomponente des Reisezeitäquivalents für das Umsteigen. Man sieht, dass im Bereich um 9 Minuten die besten Ergebnisse erzielt werden. Hier steigen bei der Routensuche nur die Beziehungen um, denen die eingeführte Maßnahme wirklich etwas bringt. Bei niedrigeren Grundkomponenten ist davon auszugehen, dass manche Beziehung eher zufällig auf diese Strecken umsteigt und die Umsteigehäufigkeit unnötig erhöht wird. Die im Bereich zwischen 10 und 144 auf niedrigerem Niveau schwankenden Resultate zeigen, dass höhere Werte nicht zu einem Optimum führen. Der Grund hierfür dürfte in den dann nicht mehr nachzuvollziehenden zufälligen Routenwahlen liegen. Berechnungen für andere Szenarien haben gezeigt, dass die Zahl der Verkehrsmittelwechsler, die durch Werte der Grundkomponente weit über 144 erreicht wird, stark absinkt.

Das Maximum ist abhängig von der untersuchten Maßnahme und liegt keinesfalls immer bei 9 Minuten. Es hängt davon ab, ob eine Maßnahme auch die Routenwahl beeinflusst oder nur die Verkehrsmittelwahl. Es ist auch keinesfalls Ziel der Sensitivitätsanalyse, einen optimalen Wert für GKR zu ermitteln. Es wird hier nur nachgewiesen, dass der angegebene Wert von 8 ein realistischer Wert ist.

Bus-Zubringer zum regionalen SPNV

Die wesentlichen Verbesserungen, die ein Direkt- und Sammelbussystem auf Basis bedarfsorientierter Bedienungsformen mit sich bringt, sind die höhere Haltestellendichte und die Erhöhung des Fahrtenangebotes. Eine höhere Haltestellendichte verkürzt die Fußwege zu den Haltestellen. Diese Verkürzung schlägt sich im Reisezeitäquivalenzwert $R_{Fußweg}$ nieder. Die Erhöhung des Fahrtenangebotes verringert den Reisezeitäquivalenzwert für die Systemverfügbarkeit $R_{ij,sv}$.

Im Landkreis Erding wurden durch Einführung von neuen, regelmäßig bedienten Haltestellen Reduzierungen von $R_{Fußweg}$ von 5 bis 32 Minuten erreicht. Dabei wurde pauschal von einer

Halbierung der Fußweglängen ausgegangen. Hierin dürften dann auch die kürzeren Fahrzeiten von Radfahrern und evtl. auch Autofahrern zu den Haltestellen erfasst sein, die im Verfahren nicht gesondert berücksichtigt werden. Dieses Vorgehen wurde für beide Szenarien übernommen.

Bei der den Reisezeitäquivalenzwert beeinflussenden Fahrtenhäufigkeit wurden die Buslinien entsprechend ihrer Fahrtenhäufigkeit vor Einführung der Szenarien aufgewertet. Die Fahrtenhäufigkeiten wurden so angesetzt, dass auf den stark frequentierten Linien ein durchgehender 60-Minuten-Takt in einem Betriebszeitraum von 14 Stunden herrscht. Auf den schwächer frequentierten Linien wurde für den selben Betriebszeitraum ein 120-Minuten-Takt angesetzt. In der Hauptverkehrszeit werden die „starken“ Linien auf 3-4 Fahrten und die „schwachen“ Linien auf 2-3 Fahrten während der HVZ angesetzt. Eine Verdichtung des Taktes von 120 Minuten auf 60 Minuten bedeutet eine Verringerung von $R_{ij,sv}$ um 44 Minuten.

Park-and-Ride, Bike-and-Ride

Maßnahmen des Park-and-Ride und des Bike-and-Ride beeinflussen die Verkehrsmittelwahl über die Qualität der Stationsausstattung. Veränderungen dieser Qualität führen zu Veränderungen des Stationswiderstandes und des entsprechenden Reisezeitäquivalenzwertes $R_{Station}$.

Park-and-Ride- und Bike-and-Ride-Anlagen gehören laut Anhang 1, Tabelle 2-4, der Standardisierten Bewertung nicht zu den Maßnahmen für die Verbesserung der Stationsausstattung. Dennoch wurde an den begünstigten Haltestellen von einer weiteren Verbesserung von $R_{Station}$ von einer halben Minute ausgegangen. Da eine vereinzelte Verbesserung der Reiseäquivalenzwerte $R_{Station}$ wohl kaum zu einem von anderen Maßnahmen unterscheidbaren Ergebnis führen dürfte (die Änderung von $R_{Station}$ und die Anzahl der überhaupt betroffenen Verkehrsbeziehungen sind in diesem Fall verglichen zum Gesamtverkehrsaufkommen zu klein), wurden die Verbesserungen großflächig verteilt, d.h. es wurden im Gegensatz zum realen Anwendungsfall mehr Anlagen als vorgesehen in die Berechnung einbezogen.

Die „Verkehrsmittel“ Park-and-Ride und Bike-and-Ride setzen sich zusammen aus Fahrten im (motorisierten) IV und ÖPNV. Dies wird im Modal-Split-Änderungsverfahren der Standardisierten Bewertung nicht berücksichtigt. Das Verfahren berücksichtigt als Brechung des Verkehrsmittels nur den Fußweg zur Haltestelle. Der Zubringerbus zur Schnellbahn wird dagegen als Teilroute eines einheitlichen ÖPNV-Systems behandelt. Dass ein großer Teil der Fahrgäste nicht die wohnortnächste Haltestelle benutzt, sondern allenfalls zur wohnortnächsten Schnellbahnhaltestelle fährt (und das nachweislich auch nicht immer), ist in der Standardisierten Bewertung nicht vorgesehen. Bezogen auf die Maßnahme Bike-and-Ride wird dieses Manko keine allzu großen Auswirkungen haben, da der Zubringerbus und das Fahrrad im Vergleich zum PKW ähnlich hohe Widerstandswerte aufweisen dürften. Beim Park-and-Ride dagegen geht es nicht nur darum, Pendler vom reinen MIV auf den gebrochenen Verkehr zu verlagern, sondern auch darum, den MIV-Anteil der Gesamtstrecke (also die Fahrt zur Haltestelle) zu minimieren. Hier erfolgt nicht eine Veränderung des Modal-Split, sondern eine Veränderung des Routen-Split. Für eine Wirkungsanalyse bezüglich des Routen-Split muss daher auf HÜMPFNER (2002) verwiesen werden, der in seinem Standortoptimierungsverfahren mit Hilfe einer gezielten, auf P+R-spezifischen Komfortparametern basierenden, Modal-Split-Berechnung Einsparpotentiale von MIV-Kilometern errechnet hat.

Die Ausstattung der ÖPNV-Stationen bei Bike-and-Ride und Park-and-Ride fließt in den Stationswiderstand ein. Einflussgrößen sind die Fahrplaninformation, die Aufenthaltsbedingungen oder die Qualität der Abstellanlagen für das Fahrrad oder das Auto.

Ansatzpunkt für die Veränderung des Stationswiderstandes sind die im Anhang der Standardisierte Bewertung enthaltenen Tabellen, in denen Kriterien aufgeführt werden, bei deren Nichteinhaltung der Reisezeitäquivalenzwert $R_{Station}$ zu erhöhen ist (z. B. das Nichtvorhandensein von Sitzgelegenheiten, Fahrplaninformationen, öffentlichen Telefonen, WC etc.).

$$R_{Station} = \left. \begin{array}{l} 0 \text{ Minuten bei standardmäßiger Stationsausstattung} \\ 2 \text{ Minuten, wenn mehr als zwei Standards nicht erfüllt werden} \\ 4 \text{ Minuten, wenn mehr als vier Standards nicht erfüllt werden} \end{array} \right\}$$

Da die Kriterien sehr genau beschrieben werden, die zu verwendenden Werte bei Nichteinhaltung dieser Kriterien allerdings eher pauschal angesetzt werden, bietet es sich an, die Berücksichtigung der Bike-and-Ride- bzw. Park-and-Ride-Kriterien ebenso pauschal in das Verfahren einzubringen. Die in der Standardisierten Bewertung vorgeschlagenen Abstufungen (s. o.) werden hier verfeinert, so dass **ein** nicht erfüllter Standard einer Erhöhung des Stationswiderstands um **eine** Minute entspricht. Da es sich im vorliegenden Planungsfall nicht um einfache Fahrradständer, sondern um hochwertige Abstellrichtungen handelt, wird der Stationswiderstand weiter differenziert. Bei der allgemeinen Berechnung wird eine Reduzierung des Stationswiderstandes um 30 Sekunden angenommen.

In der folgenden Abbildung wird eine Sensitivitätsanalyse für die Veränderung der Anzahl der erreichten Verkehrsmittelwechsler in Abhängigkeit von $R_{Station}$ dargestellt:

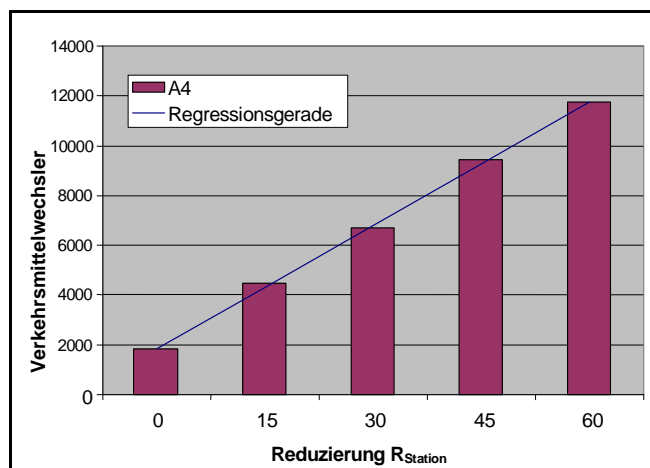


Abb. 5.3-4: Verkehrsmittelwechsler in Abhängigkeit der Reduzierung des Stationswiderstandes für verbesserte Bike-und-Ride-Anlagen

Angegeben wird hier das Resultat der Berechnungen für das Szenario „Größerer Umfang“. Für das Gesamtsystem ergibt sich eine lineare Abhängigkeit. In Bereichen mit noch höheren (unsinnigen) Werten steigt der Graph zwar steiler an (die Reduzierung der Stationswiderstände wirkt sich also stärker aus), fällt dann aber flach ab, wenn der aus mehreren Komponenten berechnete Widerstand durch die große Reduktion bei allen betroffenen Anbindungsstrecken gleich 0 wird (eine zusätzliche Reduktion wirkt sich insgesamt also nicht mehr aus). Auf-

grund der Formel für die Berechnung der Veränderung des ÖPNV-Anteils, aber auch aufgrund der Komplexität des gesamten Netzes ist das lineare Verhalten im vernünftigen Definitionsbereich im Bereich um 60 Sekunden ein bemerkenswertes Ergebnis. Zu erwarten wäre auch hier ein leicht exponentieller Verlauf der erreichbaren Verkehrsmittelwechsler gewesen.

Im Anwendungsfall werden nur die Planungen des MVV für ausgewählte Stationen und die Reduzierung für alle Schnellbahnhaltestellen im MVV-Bereich berücksichtigt (dies erklärt den Wert von knapp 2000 Umsteigern ohne zusätzliche Reduzierung des Stationswiderstandes).

Parkraumbewirtschaftung

In der Standardisierten Bewertung wird der MIV-Routenwiderstand aus der Fahrtzeit, den Zu- und Abgangszeiten und der Parkplatzsuchzeit zusammengesetzt. Außerdem wird die Parkplatzverfügbarkeit berücksichtigt.

$$W_{ij,MIV} = \frac{T_{ij,MIV}}{\min(V_{P,i}; V_{P,i})}$$

Diese Größen werden unmittelbar verwendet und nicht in Reisezeitäquivalente umgerechnet.

$T_{ij,MIV}$ ist die Reisezeit von Haustür zu Haustür. Sie setzt sich zusammen aus der An- und Abmarschzeit von der Haustür zum Stellplatz, der Fahrzeit vom Stellplatz zum nächsten Netzknoten, der durchschnittlich erreichbaren Fahrzeit an einem durchschnittlichen Werktag (inkl. Stau- und Wartezeiten) sowie der Zeit für die Parkplatzsuche.

Die An- und Abmarschzeiten und die Zeiten vom Stellplatz zum nächsten Netzknoten werden in der Datengrundlage zu einer Zugangszeit zusammengefasst (wobei die An- und Abmarschzeiten eher unterrepräsentiert sein dürften). Die in der Fahrzeit enthaltene Parkplatzsuchzeit konnte nicht explizit berücksichtigt werden, da die als Eingangsgrößen zur Verfügung stehenden MIV-Reisezeiten diesen Anteil nicht beinhalteten. Da die Parkplatzsuchzeiten außerdem sehr subjektiv bewertet werden, wurde der Ausgleich über eine etwas schlechtere Bewertung der Parkplatzverfügbarkeit vorgenommen.

Hinsichtlich der Parkplatzverfügbarkeit wird zwischen uneingeschränkter Verfügbarkeit und eingeschränkter Verfügbarkeit mit einem abgestuften Wertebereich zwischen 0,4 und 1,0 unterschieden. Unter dem Begriff „uneingeschränkte Parkplatzverfügbarkeit“ wird eine „ausreichende Anzahl von in der Regel kostenfreien Stellplätzen in einer kurzen fußläufigen Entfernung für alle Aktivitäten“ verstanden. Wenn ausschließlich kostenpflichtige Parkplätze angeboten werden, ist die Parkplatzverfügbarkeit nach der Standardisierten Bewertung stark eingeschränkt. Im vorliegenden Untersuchungsfall handelt es sich jedoch ausschließlich um kostenpflichtige Stellplätze, so dass dieser Definition nicht uneingeschränkt gefolgt werden kann. Die Kostenpflicht trifft wegen der zeitlichen Progression der Kosten vorrangig die Ausbildungs- und Berufspendler mit einer langen Aufenthaltsdauer, während die Besucher bei geringer Aufenthaltsdauer nur geringe Gebühren zu zahlen haben und der Nachteil dieser Gebühren durch die geringere Konkurrenz um die Parkplätze wieder kompensiert wird. Trotz der (geringen) Kosten ist ihre Parkplatzverfügbarkeit deshalb hoch. Diese Definitionsprobleme spielen im vorliegenden Anwendungsfall aber keine große Rolle, weil hier nur die Hauptver-

kehrszeit betrachtet wird, in der die Ausbildungs- und Berufspendler im Mittelpunkt stehen. Für sie gilt eine geringe Parkplatzverfügbarkeit, die mit 0,5 angenommen wurde.

In der Sensitivitätsanalyse werden die gewählten Parkplatzverfügbarkeitsdifferenzen zum einen vergrößert und zum anderen verkleinert. Bei einem hohen Anteil von Zellen mit Parkplatzverfügbarkeiten von 0,1 und niedriger (kein Parkplatz auffindbar) wird $W_{ij,MIV}$ so groß, dass keine vernünftigen Werte für die Anzahl der Verkehrsmittelwechsler mehr zu erwarten sind.

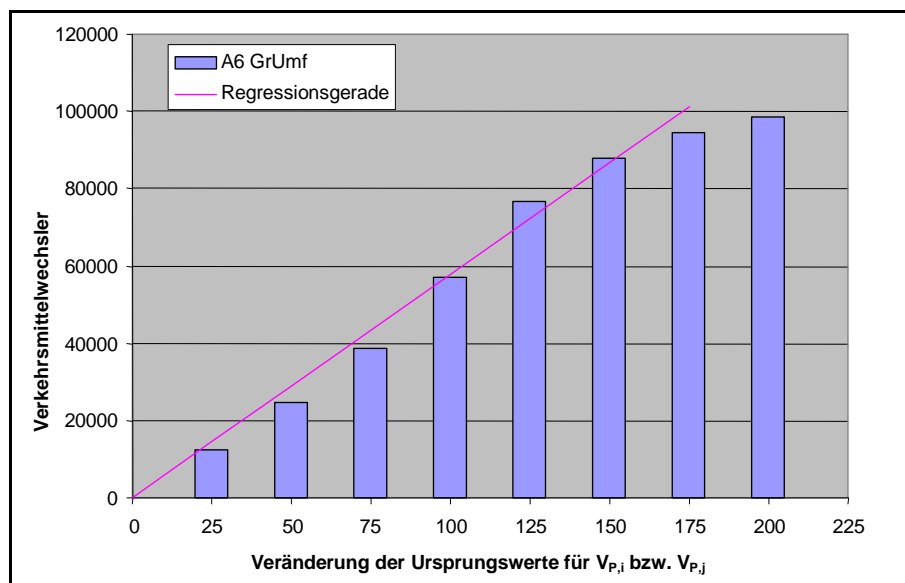


Abb.5.3-5: Verkehrsmittelwechsler in Abhängigkeit von der Veränderung der Parkplatzverfügbarkeiten $V_{P,i}$ und $V_{P,j}$ für das Szenario „Größerer Umfang“ (in Prozent).

Auf der x-Achse sind die Prozentwerte der Veränderung der Differenz von Parkplatzverfügbarkeit im Nullfall und in den Szenarien aufgetragen. Der Wert 100% steht für die in den Berechnungen des Kapitel 6 zugrunde gelegte Differenz. 50% entspricht einer halb so starken Reduzierung der Parkplatzverfügbarkeit, die Zelle bleibt also attraktiver für den MIV, 200% entspricht demnach einer doppelt so starken Verringerung der Parkplatzverfügbarkeit und erreicht deswegen einen höheren Wert an Verkehrsmittelwechslern.

Die Parkraumbewirtschaftung zeigt sich schon hier als die bestimmende Größe im gesamten Maßnahmenbündel. Für eine geringere Beeinflussung des Parkplatzangebots befindet sich die Kurve für die Verkehrsmittelwechsler leicht unter der Regressionsgerade. Im Bereich der in Kapitel 6 gewählten Werte (100%) gehen die Werte über die Regressionsgerade hinaus. Dasselbe exponentielle Verhalten zeigen die Kurvenscharen der Formel für die Modal-Split-Veränderungen für die Abhängigkeit der Veränderung des ÖPNV-Anteils von den Widerstandsverhältnissen zwischen MIV und ÖPNV „vorher“ und „nachher“ (siehe Kapitel 5.4).

5.4 Sensitivität der Modal-Split-Änderungen

Die Standardisierte Bewertung dient i.d.R. dazu, Entscheidungen über Investitionen im ÖPNV zu unterstützen. Angesichts der meist begrenzten Datenlage beschränkt sich die Standardisierte Bewertung auf wenige Einflussgrößen in einem begrenzten Untersuchungsraum. Im Vordergrund stehen Veränderungen des ÖPNV-Angebots, während gleichzeitige Restriktionen im MIV meist nicht Gegenstand der Investitionsentscheidung sind und deswegen unberücksichtigt bleiben. Bei der hier vorliegenden Problemstellung einer Beurteilung der Wirkungen komplexer Maßnahmen auf die Verkehrsmittelwahl von Umlandpendlern in einem großräumigen Untersuchungsraum reicht die Begrenzung auf die herkömmlichen ÖPNV-Maßnahmen aber nicht aus. Bei einer Anwendung der Formel der Standardisierten Bewertung stellt sich deshalb die Frage, wie sie auf eine Erweiterung der Einflussgrößen reagiert. Es muss geklärt werden, ob solche Größen mit der Struktur der Formel verträglich sind. Aus diesem Grunde wird vor der Anwendung des Verfahrens mit Hilfe einer Sensitivitätsanalyse untersucht, wie sensitiv die Änderung der Verkehrsmittelwahl auf zusätzlichen Einflussgrößen und vor allem in den Grenzbereichen dieser Einflussgrößen reagiert. Dadurch soll vermieden werden, dass unkontrollierte Reaktionen entstehen und die Ergebnisse nicht mehr interpretierbar sind.

In diesem Zusammenhang ist die Frage zu klären, in welcher Größenordnung das Verhältnis zwischen MIV-Widerstand und ÖPNV-Widerstand liegen muss, damit relevante Modal-Split-Änderungen auftreten bzw. in welchen Bereichen es unter Umständen zu extremen, wirklichkeitsfernen Entwicklungen kommen kann. In die Praxis heißt dies: Welche Chance hat der ÖPNV überhaupt, Verkehrsteilnehmer in ihrer Verkehrsmittelwahl zu beeinflussen?

Nachfolgend werden Modal-Split-Änderungen in Abhängigkeit von MIV- und ÖPNV-Widerständen untersucht. Dabei wird nach folgenden Fällen unterschieden:

- ÖPNV-Widerstand ändert sich, MIV-Widerstand bleibt gleich,
- ÖPNV-Widerstand bleibt gleich, MIV-Widerstand ändert sich,
- ÖPNV-Widerstand und MIV-Widerstand ändern sich beide.

Der erste Fall ist von Bedeutung, wenn eine Modal-Split-Änderung zugunsten des ÖPNV allein dadurch erreicht werden soll, dass das ÖPNV-Angebot verbessert wird. Beim zweiten Fall stehen Restriktionen im MIV im Mittelpunkt der Handlungen. Dadurch kann theoretisch geklärt werden, ob bei einer bestimmten Ausgangssituation des Modal-Split eine Pull-betonte oder eine Push-betonte Strategie aussichtsreicher ist. Der dritte Fall erlaubt es, die Wirksamkeit einer bestimmten Kombination von Pull- und Push-Maßnahmen abzuschätzen.

Modal-Split-Änderung bei verändertem $W_{\text{ÖPNV}}$ und unverändertem W_{MIV} für parametrisierte W_{MIV}

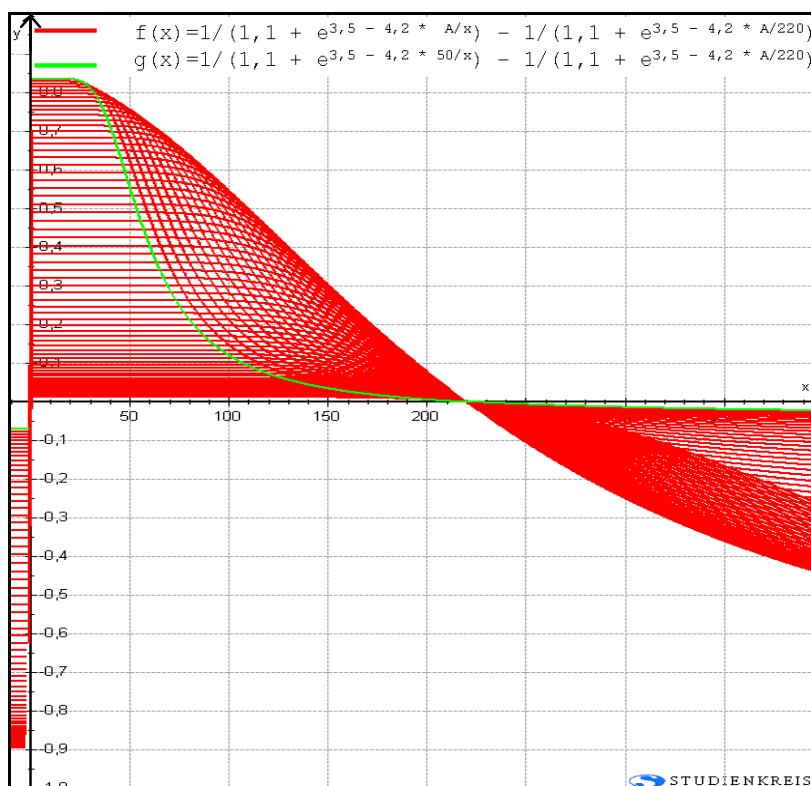


Abb. 5.4-1: Modal-Split-Änderung $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ (y) bei verändertem $W_{\text{ÖPNV}}$ (x) und unverändertem W_{MIV} für parametrisierte W_{MIV} (A), Widerstand gleich Reiseäquivalent in Minuten.

In der Abbildung 5.4-1 ist eine Schar von Kurven dargestellt, welche die Modal-Split-Änderung in Abhängigkeit des ÖPNV-Widerstands im Mitfall wiedergibt. Sie zeigt, dass $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ in Abhängigkeit der Widerstandswerte für den MIV und den ÖPNV nur dann nennenswerte Größen erreicht, wenn der ÖPNV-Widerstand in Bereiche des MIV-Widerstands vordringt. Der ÖPNV-Widerstand im Ohne-Fall beträgt hier 220 min (Nulldurchgang durch die x -Achse), der MIV-Widerstand wird für jede einzelne Kurve als konstant angenommen. Die einzelnen Kurven der Kurvenschar repräsentieren dabei die MIV-Widerstandswerte von 50 min (grüne Kurve) bis 400 min.

Die grüne Kurve für den MIV-Widerstand von 50 min (hier angenommener unterer Grenzwert) zeigt an, wie stark der ÖPNV-Widerstand reduziert werden muss, um hohe Modal-Split-Änderungen zu erreichen. Für MIV-Widerstandswerte weit über dem ÖPNV-Widerstand im Nullfall (rein theoretischer Fall!) erkennt man, dass eine weitere Verringerung des ÖPNV-Widerstandes keine starken Veränderungen mehr mit sich bringt. Die entsprechenden Kurven gehen sehr schnell zu waagerechten Asymptoten parallel zur x -Achse über.

Modal-Split-Änderung bei verändertem W_{MIV} und unverändertem $W_{ÖPNV}$ für parametrisierte $W_{ÖPNV}$

Die Kurvenschar in Abb. 5.4-2 zeigt den „umgekehrten“ Fall wie in der Abbildung 5.4-1: Der ÖPNV-Widerstand wird jeweils als konstant angenommen und in einer Parameterschar von 50 min bis 400 min variiert. Ausgangswert des MIV-Widerstands im Nullfall ist 50 min (Durchgang durch die Nulllinie). Dargestellt wird der Bereich, der für eine Veränderung des MIV-Widerstands von diesem Wert aus realistisch ist.

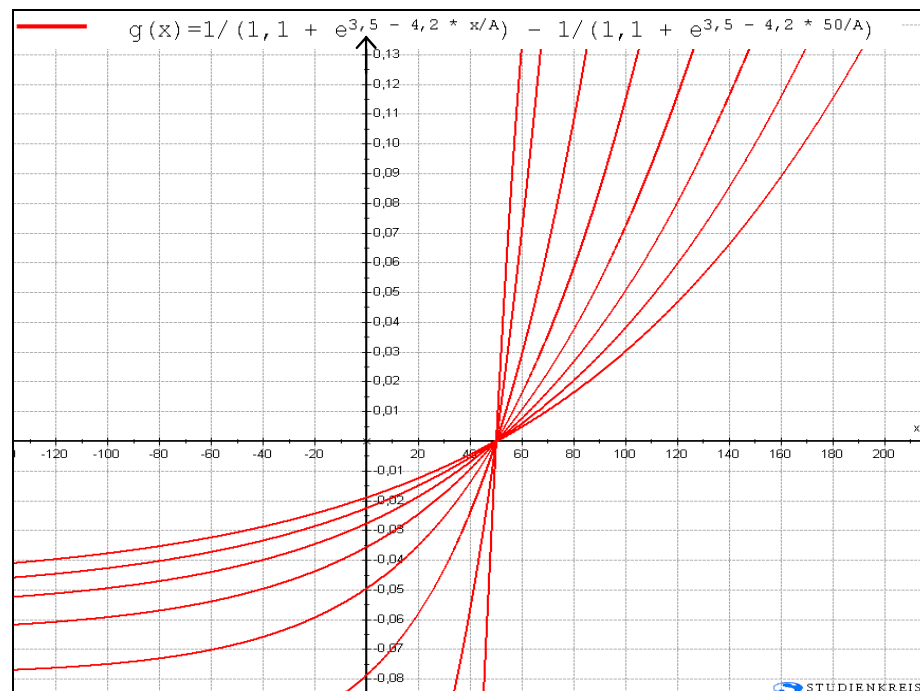


Abb. 5.4-2: Modal-Split-Änderung (y) bei verändertem W_{MIV} (x) und unverändertem $W_{ÖPNV}$ für parametrisierte $W_{ÖPNV}$ (A), Widerstand gleich Reiseäquivalent in Minuten.

Eine Veränderung des MIV-Widerstands führt bei einem niedrigen ÖPNV-Widerstand sofort zu einer Veränderung der Modal-Split-Änderung von bis zu 10%. Die Sensitivität ist um so geringer, je höher der ÖPNV-Widerstand ist. Zur Abflachung der Kurve in höheren MIV-Mitfall-Widerstandsbereichen kommt es nur bei einem sehr geringen ÖPNV-Widerstand im Nullfall (aufgrund guter Basis keine weiteren Effekte erzielbar) oder erst bei einem sehr starken Anstieg des MIV-Widerstands in unrealistische Bereiche, wenn der ÖPNV-Widerstand sehr hoch ist.

Modal-Split-Änderung bei verändertem W_{MIV} und ebenfalls verändertem $W_{ÖPNV}$ für parametrisierte $W_{ÖPNV}$

Die Bilderreihe in Abb. 5.4-3 zeigt Entwicklungsmöglichkeiten für $\Delta a_{ij,ÖPNV}$ bei festgelegten Verhältnissen von MIV-Widerstand zu ÖPNV-Widerstand. Angetragen sind auf der x-Achse Werte für die ÖPNV-Widerstände und auf der y-Achse Werte für die MIV-Widerstände. Der Nulldurchgang der so entstehenden Fläche durch die x-y-Ebene liegt auf einer Geraden mit der Steigung des im Nullfall vorhandenen Verhältnisses der Widerstände.

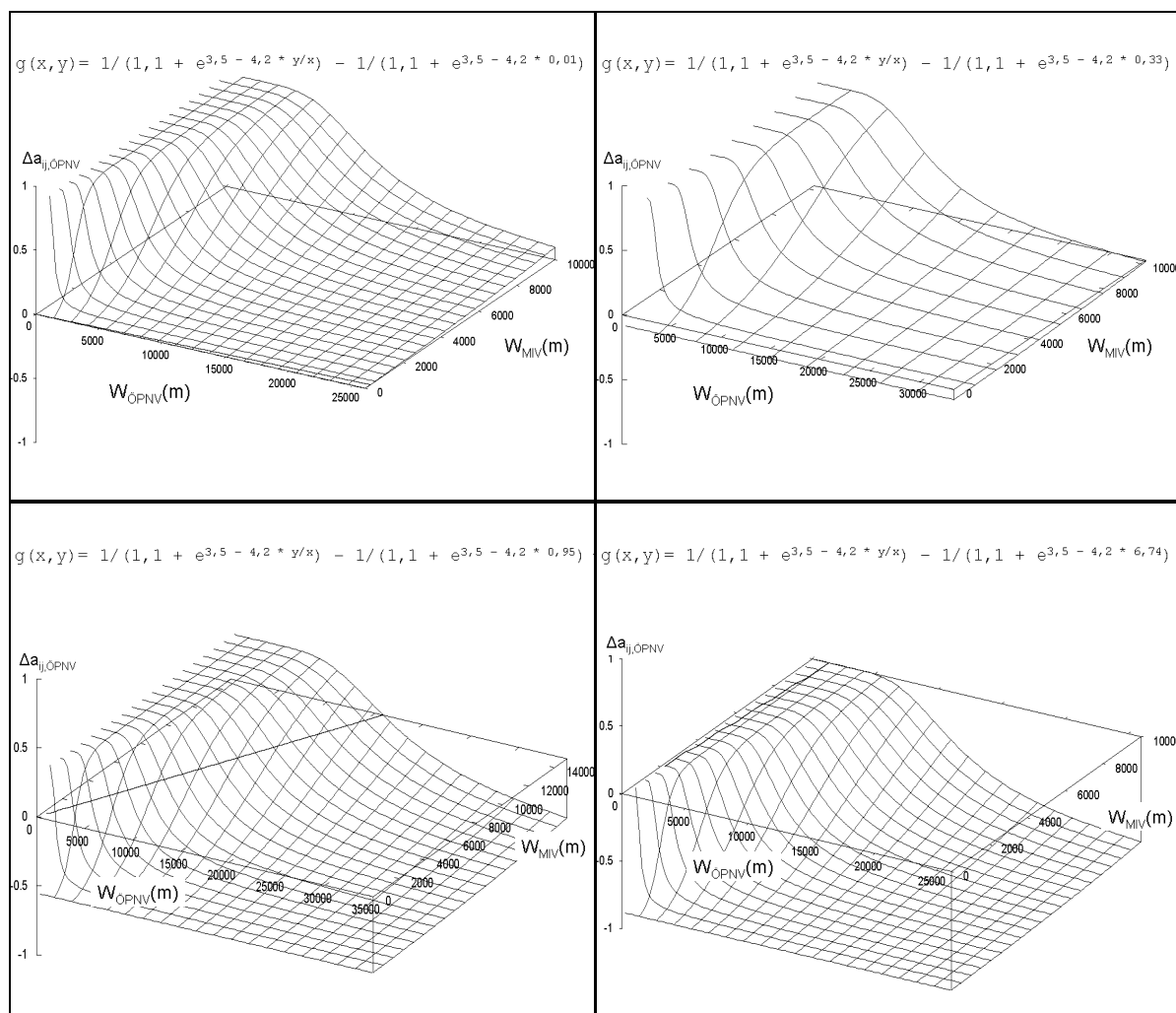


Abb. 5.4-3: Modal-Split-Änderung (z) bei verändertem W_{MIV} (y) und ebenfalls verändertem $W_{ÖPNV}$ (x) für parametrisierte Ausgangswiderstandsverhältnisse $W_{MIV}/W_{ÖPNV}$ (von links nach rechts 0,01/ 0,33/0,95 und 6,74; beispielhafte, aber real vorkommende Werte)

Für den Fall, dass das Verhältnis der Widerstände sehr klein ist, der ÖPNV also einen viel höheren Widerstand aufweist als der MIV (Abbildung links oben), kann man erkennen, dass die Werte für $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ in einem großen Kombinationsbereich kaum auf Änderungen reagieren. Erst jenseits etwa der Gerade

$$y = 0,5x - 2500, \text{ mit } x = W_{\text{ÖPNV}} \text{ und } y = W_{\text{MIV}}$$

bzw. bei MIV/ÖPNV-Verhältnissen

$$m > 0,5 - 2500/x \text{ mit } x = W_{\text{ÖPNV}} \text{ und } m = W_{\text{MIV}} / W_{\text{ÖPNV}}$$

steigt die $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ -Fläche spürbar an. Andererseits wird es bei einem derartigen Verhältnis der Widerstände zu keiner nennenswerten Verschiebung des Modal-Splits in Richtung des MIV mehr kommen. Dies kommt erst bei einer Veränderung des Widerstandsverhältnisses zu höheren Werten hin vor. Hier können durchaus hohe negative Werte für die Modal-Split-Änderung erreicht werden. Die in Abbildung 5.4-3 dargestellten Wertebereiche der x- und y-Achse sind aussagekräftige Bereiche, die der vorhandenen Datengrundlage entsprechen.

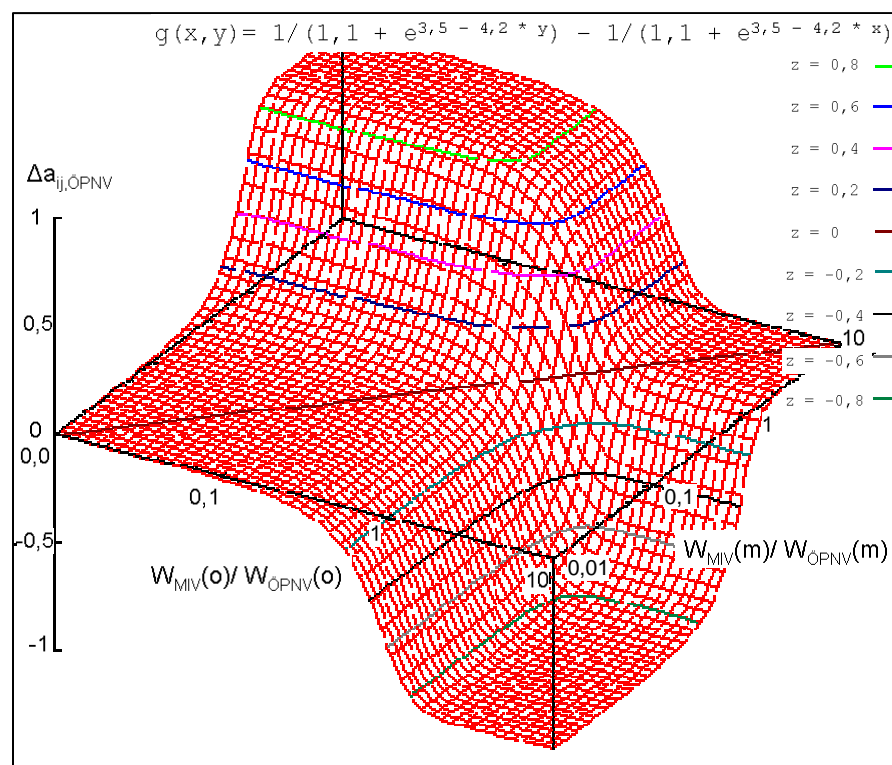


Abb. 5.4-4: Modal-Split-Änderungen (z) auf logarithmischen Achsen in Abhängigkeit vom Widerstandsverhältnis $W_{\text{MIV}(o)}/W_{\text{ÖPNV}(o)}$ (x-Achse) und $W_{\text{MIV}(m)}/W_{\text{ÖPNV}(m)}$ (y-Achse).

Das bei der Berechnung im Verfahren maximal erreichte Verhältnis von MIV- zu ÖPNV-Widerstand liegt bei etwa 6. Dies dürfte allerdings ein extremer Sonderfall sein. Eher nachzuziehen ist der Minimalwert von 0,01, was einem etwa 100-mal höheren ÖPNV-Widerstand gegenüber dem MIV-Widerstand entspricht. Bei der Betrachtung von Abbildung 5.4-4 erkennt man jedoch, dass sich nur eine extreme Veränderung des Widerstandsverhältnisses auf die Modal-Split-Änderung auswirken würde. Bei zumindest sehr ähnlichen Verhältnissen

von MIV-Widerstand zu ÖPNV-Widerstand ($W_{\text{MIV}(o)}/W_{\text{ÖPNV}(o)} = 1$) zeigt Abbildung 5.4-4 eine höhere Sensitivität auf die Veränderung derselben.

Mit Abbildung 5.4-5 kann man den Normalfall, nämlich die Bereiche mit viel höherem ÖPNV-Widerstand, besser darstellen.

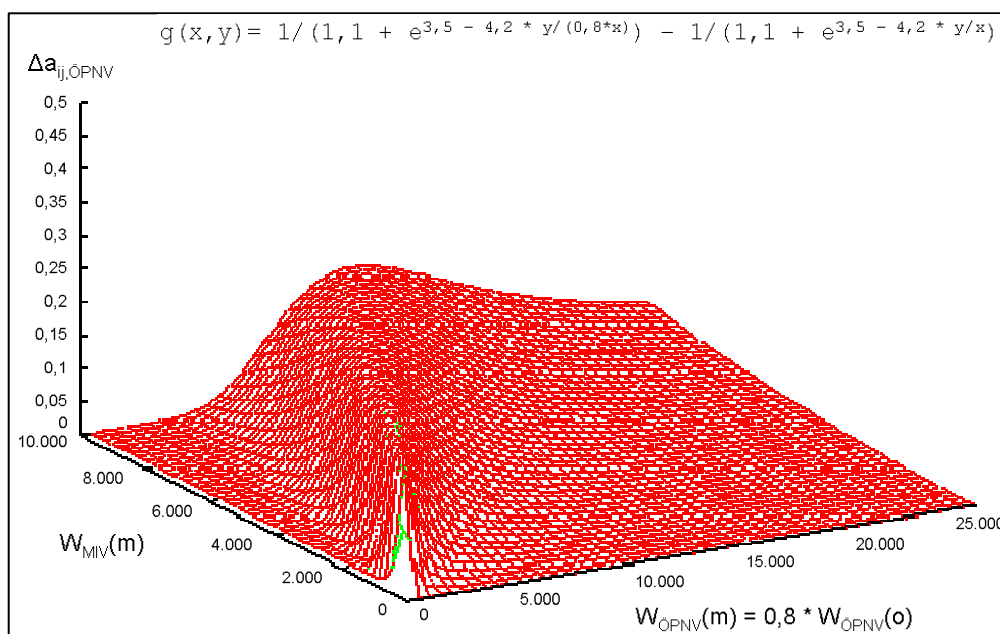


Abb. 5.4-5: Modal-Split-Änderungen (z) in Abhängigkeit von MIV- (y) und ÖPNV- (x) Widerstand im Nullfall, mit $W_{\text{ÖPNV}(m)} = 0,8 * W_{\text{ÖPNV}(o)}$ und $W_{\text{MIV}(m)} = W_{\text{MIV}(o)}$

In Abbildung 5.4-5 sind die Widerstände mit ihren Absolutwerten auf die x- und y-Achse aufgetragen. Die Graphik beschreibt nun den Flächenverlauf von $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ bei gleich bleibender Situation im MIV und einer Verringerung des ÖPNV-Widerstandes auf 80% des Ausgangswertes. Auch hier erkennt man die Winkelhalbierende der x-y-Ebene als die Zone der höchsten Sensitivität. Generell schlechte ÖPNV-Widerstandswerte sind für eine Verbesserung des Modal-Splits in Richtung zu vermehrter ÖPNV-Nutzung auch bei hohen MIV-Widerständen ein Hemmschuh. Und bei sehr guten ÖPNV-Bedingungen und eher schlechten MIV-Werten zeigt sich das geringe Potential einer weiteren Verbesserung des ÖPNV-Anteils am Modal Split. So hat man bei einem MIV-Widerstand von 2.000 min und einem ÖPNV-Widerstand von 500 min theoretisch schon einen Ausgangs-Modal-Split-Anteil des ÖPNV von 88%. Hier noch etwas zu verbessern bedarf größerer Anstrengungen. (Es muss allerdings angemerkt werden, dass die Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung nicht für eine derartige Berechnung des Ausgangs-Modal-Split-Anteils durch Rückrechnung der Formel geeignet ist!)

Die Abbildung 5.4-6 zeigt in einer zweidimensionalen Ansicht die erreichbaren $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ - Werte (y-Achse) bei verschiedenen Ausgangsverhältnissen von MIV- und ÖPNV-Widerständen (x-Achse). Die Parameter der Kurvenschar stellen die Veränderung des Widerstandsverhältnisses dar und variieren von Faktor 1 (keine Veränderung) bis Faktor 2 (Halbierung

des ÖPNV-Widerstandes oder Verdoppelung des MIV-Widerstandes). Vergleicht man nun die erreichbaren Werte dieser Kurven mit den Übersichten in den Abbildungen 5.4-7 sowie 5.4-8, kann man leicht erkennen, wo die höheren Potentiale zur Verminderung des MIV-Aufkommens liegen. Allerdings muss man auch hier vorsichtig sein: Die weiter unten in Abbildung 5.4-7 als einzige Verbindung mit geringeren ÖPNV- als MIV-Widerstand dargestellte Verbindung von Erding Ost in die Innenstadt von München liegt mit einem Wert von 1,065 schon wieder im abfallenden Bereich der maximal erreichbaren Verlagerungswerte.

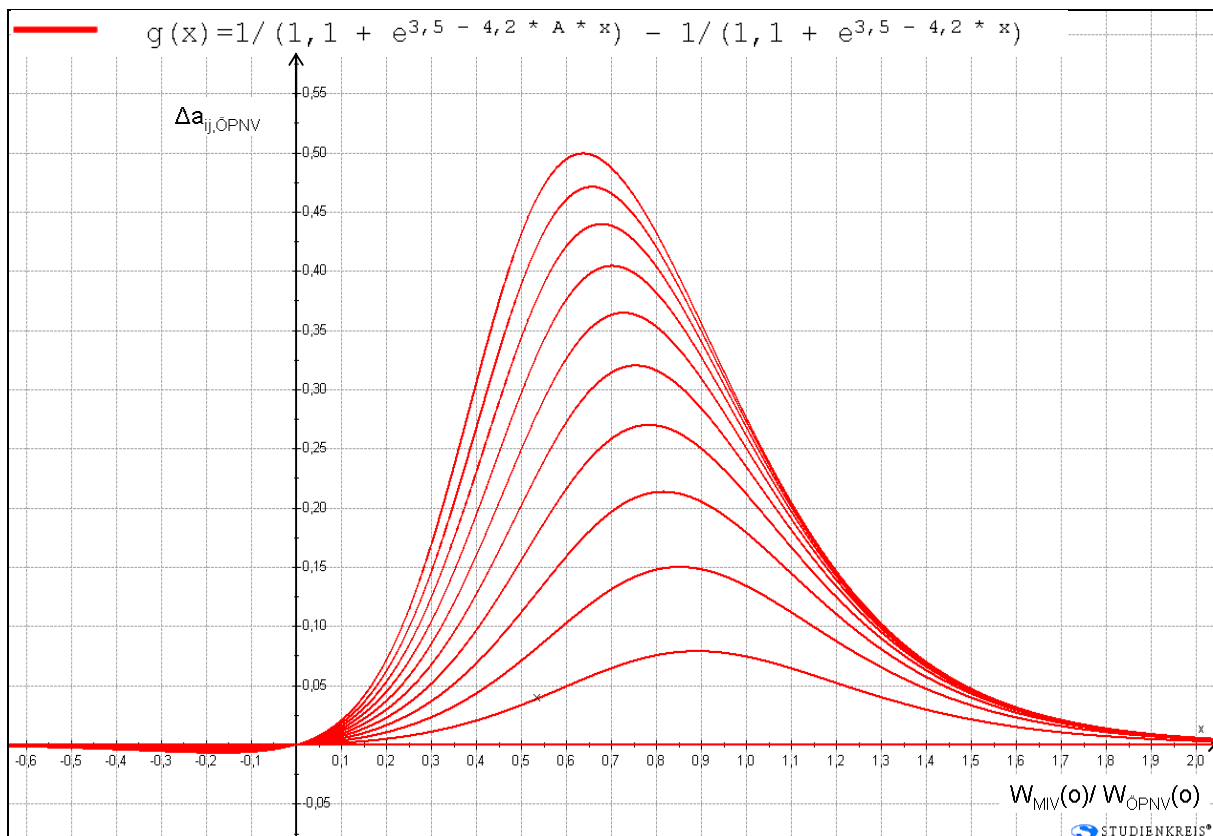
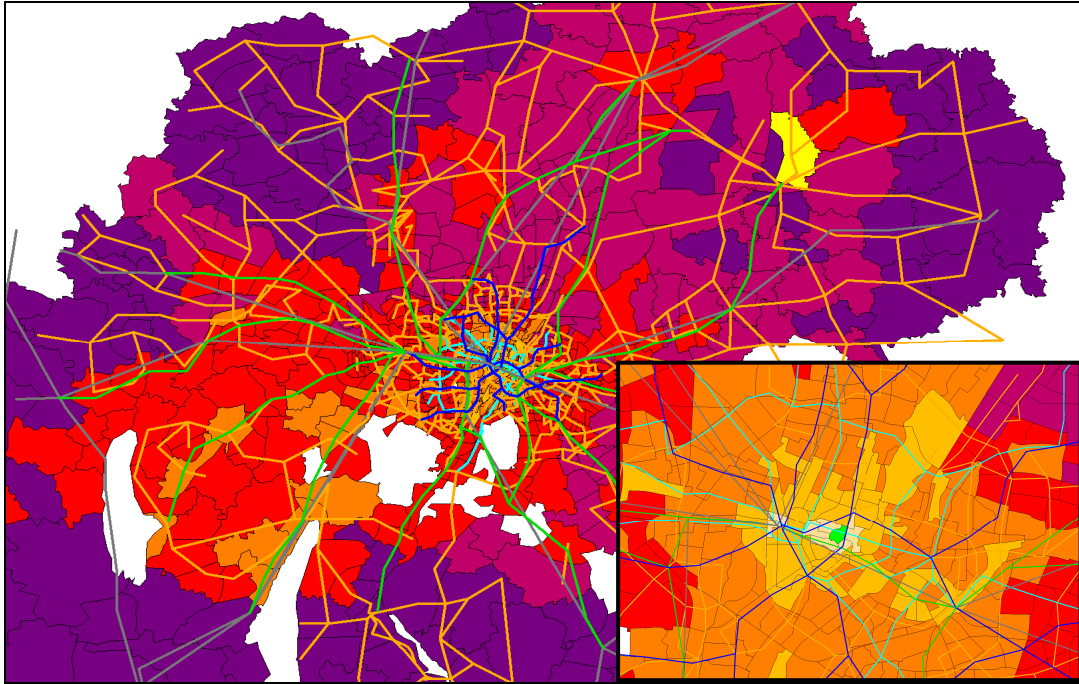


Abb. 5.4-6: Modal-Split-Änderungen (y) in Abhängigkeit vom Verhältnis MIV-Widerstand / ÖPNV-Widerstand im Nullfall (x), Kurvenschar für Verbesserung des ÖPNV-Widerstandes von Faktor 1 bis Faktor 0,5 (A), das bedeutet eine Veränderung des Widerstandsverhältnisses von Faktor 1 bis Faktor 2 mit Schrittweite 0,1.

Im Folgenden soll beispielhaft die reale Situation für die Verteilung des Widerstandsverhältnisses im Nullfall für die Beziehungen von einer Umlandzelle („Erding Ost“) und von einer Stadtzelle („Marienplatz“) dargestellt werden. Für die Umlandzelle kann man deutlich erkennen, wie sehr das dünne Liniennetz, die niedrige Taktfrequenz (vor allem auf den Tangentialbeziehungen) und die erforderlichen Umsteigevorgänge den ÖPNV-Widerstand im Vergleich zum MIV-Widerstand benachteiligen. Im Beispiel Stadtzelle zeigt sich, dass der Marienplatz offensichtlich mit dem MIV fast unerreichbar ist und zugleich dort (gerade wegen des radial ausgerichteten Verkehrssystems von München) sehr niedrige ÖPNV-Widerstände vorliegen.



Farbskala von violett für sehr kleine Verhältnisse bis hin zu hellorange für Verhältnisse nahezu 1, grüne Zellen weisen einen geringeren ÖPNV- als MIV-Widerstand auf.

Abb. 5.4-7: Verhältnis MIV-Widerstand/ÖPNV-Widerstand auf Verkehrsbeziehungen von der Zelle „Erding Ost“ (gelb markiert)

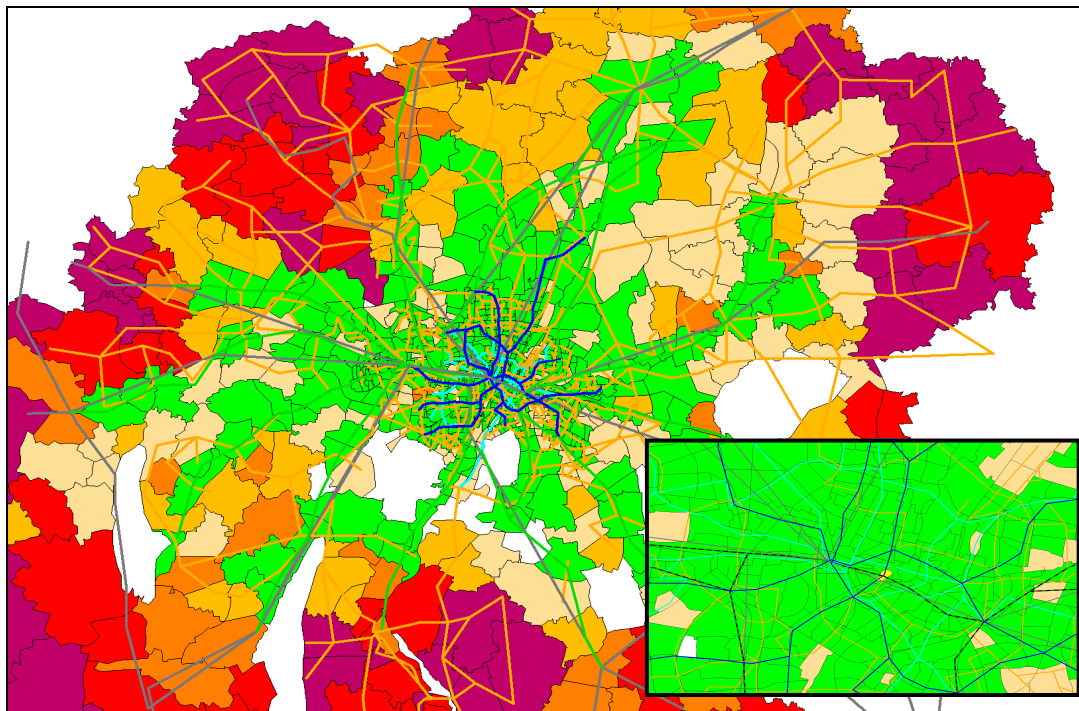


Abb. 5.4-8: Verhältnis MIV-Widerstand/ÖPNV-Widerstand auf Verkehrsbeziehungen von der Zelle „Marienplatz“ (gelb markiert)

5.5 Rechengang

Das Verfahren läuft in folgenden Schritten ab:

- Aufbereiten der Daten
- Erstellen und Nummerieren der Streckenelemente
- Formatieren der Teilstreckendateien
- Ermitteln der Routen
- Berechnen der Änderungen des Modal-Split-Anteils des ÖPNV
- Darstellungsmöglichkeiten im Geoinformationssystem

Das Verfahren ist prinzipiell allgemeingültig, nähere Erklärungen werden jedoch anhand der aus dem vorliegenden Anwendungsfall resultierenden Datengrundlage abgeleitet. Aufgrund der Komplexität des Verfahrens, das sich über drei verschiedene Programme (ArcView zur Netzformatierung und zur Ergebnisdarstellung, WWAHL zur Berechnung der Routenwahl und MATLAB zur Matrizenberechnung und –transformation) erstreckt, müssen immer wieder vereinfachende Annahmen getroffen werden, die eine spezielle Betrachtung bei verschiedenen Anwendungsfällen notwendig macht. Ein entscheidender Punkt ist dabei allein schon die zur Verfügung gestellte Datengrundlage.

5.5.1 Aufbereitung der Daten

Grundlage für die Berechnung der Widerstände ist ein linienscharfes ÖPNV-Netz mit Informationen über Strecken, Linien, Haltestellen, Umsteigebeziehungen und Zugangswege. Für die Berechnung der Verkehrsmittelwechsler liegen Verkehrsbeziehungsmatrizen mit etwa 1000 Zellen der Region München vor, wobei der räumliche Detaillierungsgrad mit der Nähe zum Stadtzentrum von München steigt. Die Matrizen der Verkehrsbeziehungen erlauben dabei zwar verkehrszweckabhängige, nicht aber verkehrszeitenabhängige Untersuchungen. Letzteres ist angesichts der Eingrenzung der Verkehrszwecke auf Berufspendler aber auch nicht notwendig. Sämtliche Matrizen liegen sowohl für das Analysejahr 2000 als auch für die Prognosehorizonte 2005 und 2010 vor. Im Prognosenetz sind die im Jahre 2000 bereits absehbaren Netzveränderungen eingearbeitet.

Das ÖPNV-Netz wurde in das Geoinformationssystem ArcView 3.1 eingelesen. Die Strecken und Linienverläufe wurden auf Unstimmigkeiten überprüft und gegebenenfalls ergänzt. Das Netz ist soweit detailliert, dass die Wirkungen der MOBINET-A-Maßnahmen auf die Kenngrößen des Netzes linienfein berücksichtigt werden können. Um Widerstandsänderungen an einzelnen Stationen abbilden zu können, wurden an allen Stationen, an denen mehrere Linien miteinander verknüpft sind, die Umsteigemöglichkeiten detailgenau eingefügt.

Die im Geoinformationssystem eingelesenen Streckeninformationen wurden so umformatiert, dass sie vom gewählten Routen-Split-Verfahren verarbeitet werden können. Das Format zeigt für jede Strecke im Netz die möglichen Folgestrecken und die Zeitzuschläge für das Wechseln

von Vorgänger- auf Nachfolgestrecke an. Die Berechnung dieser Zuschläge erfolgt mit Hilfe der in der Standardisierten Bewertung angegebenen Formeln und Werte.

Das ÖPNV-Netz ist aus Dateien aufgebaut, die folgende Informationen enthalten für die einzelnen Netzelemente enthalten:

Netzelement	Informationen
Haltestellen	Haltestellennummer X-Koordinate Y-Koordinate Haltestellenname
Verkehrszellen	Zellennummer X-Koordinate Y-Koordinate
Anbindungsstrecken	Zellennummer Haltestellennummer Streckenlänge [1/10 Min.]
Linien	Linienbezeichnung Verkehrsmittel Einrichtungsverkehr [Y/N]
	Teilstrecken der Linie <ul style="list-style-type: none"> • Anfangshaltestelle • Bedienungshäufigkeit in der zweistündigen HVZ • Bedienungshäufigkeit während des ganzen Tages • Endhaltestelle
ÖPNV-Strecken	Anfangshaltestelle Endhaltestelle Verkehrsmittel Distanz [Meter] Zeit [1/10 Minute]

Tab. 5.5-1: Informationsgehalt der Netzelemente

Mit Hilfe von eigens für diesen Zweck in ArcView programmierten Skripten wurden die Netzinformationen dargestellt und auf Vollständigkeit und Eindeutigkeit geprüft. Die erforderlichen Änderungen wurden manuell in die Datenbanktabellen eingearbeitet.

5.5.2 Erstellen und Nummerieren der Streckenelemente

Aus dem Grundnetz heraus wurden Netze für die verschiedenen Zeithorizonte (2005 und 2010) mit ihren jeweiligen Maßnahmenkombinationen abgeleitet. Diese Tabellen sind in der Datenbank neben den Nullfalltabellen abgelegt. Auf diese Weise können für jede Maßnahmenkombination eigene Anbindungs- und Linienstreckentabellen und damit auch Umsteigestreckentabellen angelegt werden. Wirken die Maßnahmen nicht im Streckennetz selbst, sondern an anderen Stellen (Haltestellen und Zellen), müssen hierfür keine besonderen Tabellen erstellt werden. In diesem Fall gelten die Tabellen des Nullfalls.

Mit den Skripten wurden zuerst die Haltestellen, die Verkehrszellen, das Liniennetz und die Anbindungsstrecken erstellt. Die Umsteigestrecken wurden erst später erzeugt. Da die gelieferten Umsteigestrecken nur eine kleine Auswahl an Umsteigestrecken an besonders wichti-

gen Knotenpunkten darstellten, mussten für dieses Verfahren weitere Umsteigestrecken erzeugt werden. Auch die Abhängigkeit der Widerstandsattribute einer Umsteigestrecke von Vorgänger- und Nachfolgelinie macht eine Bearbeitung des gelieferten Umsteigestreckenformates nötig.

Die Anbindungsstrecken verbinden die Verkehrszellen linienabhängig mit den Haltestellen. Die Informationen der Linienelemente und der ÖPNV-Strecken wurden zusammengeführt, so dass sämtliche Linien mit voneinander unabhängigen Linienstrecken dargestellt werden. Sofern es sich nicht um Einbahnstrecken handelt, werden für jede Strecke Hin- und Rückrichtung erzeugt und separat indiziert.

Das Programm zur Ermittlung und Nummerierung der Umsteigestrecken besteht aus drei Teilen:

- Generieren von Umsteigestrecken, wenn an einem Streckenende in eine andere Linie umgestiegen werden kann. In diesem Fall sind in den Basisdaten keine Umsteigestrecken enthalten, weil es sich um Linien handelt, die auf identischen Teilstrecken (mit identischen Eigenschaften) fahren. Beispiel hierfür sind die Umsteigebeziehungen zwischen den S-Bahnen auf der Stammstrecke.
- Finden von vorhandenen Umsteigestrecken, die verschiedene Knoten mit unterschiedlicher Haltestellen-ID und unterschiedlichen Koordinaten verbinden (Beispiel: Verschiedene Haltestellen am Hauptbahnhof)
- Generieren von Umsteigestrecken bei Knoten, die zwar dieselben Koordinaten, aber verschiedene Haltestellenbezeichnungen (erkennbar an unterschiedlicher Haltestellen-ID) haben. Ist die Strecke im Umsteigestreckenspeicher vorhanden, wird sie übernommen, ansonsten wird sie neu erstellt (s. o.).

Nach der endgültigen Festlegung aller Linienstrecken sowie der Generierung aller Umsteigestrecken können sämtliche Umsteigebeziehungen im Geoinformationssystem bildlich dargestellt werden. Die Stutzen, die Anbindungs-, Linien- und Umsteigestrecken werden dann in eine Gesamtnetzdatei zusammengeführt. Bei diesem zusammenfassenden Vorgang werden dann auch die Fußweg- und Wartewiderstände nach Vorgabe aus der Standardisierten Bewertung ermittelt und festgehalten.

5.5.3 Formatieren der Teilstreckendateien

Für jede einzelne Strecke werden die möglichen Folgestrecken ermittelt. Außerdem werden die Strecken mit szenarienspezifischen Widerständen beaufschlagt, die von der Kombination Vorgängerstrecke – Folgestrecke abhängig sind. Für diesen Verfahrensschritt werden folgende Tabellen benötigt:

- Tabelle für die Stationsausstattung
- Tabelle für die Fahrzeugausstattung
- Tabelle für die Verkehrssystemeigenschaften gemäß Tabelle 2-1 im Anhang 1 der Standardisierten Bewertung

Bei der Formatierung der Nachfolgestrecken der Linienstrecken werden die Widerstände für die Beförderungsdauer ermittelt. Es erfolgt eine multiplikative Gewichtung durch den relativen Zeitaufschlag $r_{TW,rel}$ sowie die Addition eines absoluten Zeitaufschlags $r_{TW,abs}$. Die Zeitaufschläge $r_{TW,rel}$ und $r_{TW,abs}$ auf die Reisezeitäquivalenzwerte der Beförderungszeiten resultieren gemäß den Vorgaben der Standardisierten Bewertung aus dem Verkehrsmittelkomfort der jeweiligen Strecke.

Der absolute Zeitaufschlag $r_{TW,abs}$ muss allerdings in die vorhergehende Anbindungs- oder Umsteigestrecke eingerechnet werden, da er sich auf den gesamten Teilweg mit dieser Linie bezieht und deswegen nur einmal berücksichtigt werden darf (und nicht bei jeder Teilstrecke des Teilwegs). Dies ist einer der Gründe, warum Anbindungs- und Umsteigestrecken linien- und richtungsbezogen einzeln generiert werden müssen.

Die Attribute der Anbindungsstrecken sind abhängig von deren Richtung (Zelle – Netz oder Netz – Zelle) zu den Haltestellen und von den Attributen der Folge-Linienstrecke: Von der Zelle zum Netz wird der absolute Anteil $r_{TW,abs}$ des Widerstands im Fahrzeug $R_{im\ Fahrzeug, TW}$ der Folgelinienstrecke dem Widerstand der Anbindungsstrecke zugerechnet (s. o.). Dieser besteht aus der Dauer des Fußwegs zwischen Zelle und Haltestelle und dem Komfortwiderstand $R_{Station}$ der Haltestelle. Hinzu kommt die gewichtete Wartezeit an der Haltestelle, die von der Fahrzeugfolgezeit des folgenden Verkehrsmittels abhängig ist. Für die Rückrichtung wird nur der Fußweg zwischen der Ausstiegshaltestelle und der Zelle sowie der Komfortwiderstand $R_{Station}$ der Haltestelle für die Berechnung herangezogen.

Die Umsteigestrecken sind generell Einbahn-Strecken. Hier wird ebenfalls der absolute Anteil $r_{TW,abs}$ des Widerstands im Fahrzeug $R_{im\ Fahrzeug, TW}$ der Folgelinienstrecke dem Widerstand der Umsteigestrecke zugerechnet. Die gewichtete Wartezeit an der Haltestelle ist abhängig von der Fahrzeugfolgezeit des folgenden Verkehrsmittels. Ebenso werden der Komfortwiderstand $R_{Station}$ der Haltestelle und, sofern vorhanden, der Umsteigefußweg bewertet.

Die formatierten Streckentabellen werden abschließend in einer Datei zusammengefügt. Dabei werden die Widerstandswerte aus Übersichtlichkeitsgründen auf 30 Sekunden genau gerundet.

5.5.4 Ermittlung der Routen

Das Routensuch-Verfahren WWAHL ermittelt die Bestwege für jede mögliche Verkehrsbeziehung auf Basis der aus den Reisezeitäquivalenten resultierenden Widerstände. Für jede Verkehrsbeziehung wird dabei der Widerstand der gesamten Route bestimmt. WWAHL gibt außerdem für jede Route Informationen über Teilweg-Typen und Teilweg-Reisezeitäquivalente der einzelnen Teilrouten sowie die Anzahl der Umsteigevorgänge aus. Diese werden in Matrizen für das Programm MATLAB abgelegt. Die Berechnung erfolgt nacheinander für den Null-Fall und den Mit-Fall.

5.5.5 Berechnung der Änderungen der ÖPNV-Anteile $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$

Die Änderungen des ÖPNV-Anteils $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ werden nach den in Kap. 5.2 dargestellten Formeln der Standardisierten Bewertung berechnet: Die Anzahl der verlagerten Fahrten $F_{i,j, \text{verl}}$ ist das Produkt aus der Gesamtanzahl der Fahrten auf der Verkehrsbeziehung $i \rightarrow j$, $F_{i,j, \text{ges}}$, und der ÖPNV-Änderung $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$.

Durch Maßnahmen des Parkraummanagements ergeben sich auch Veränderungen des MIV-Widerstands. Laut Berechnungsformel ist $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ von einem unveränderlichen MIV-Widerstand und den ÖPNV-Widerständen ohne und mit Maßnahme abhängig. In dieser Arbeit wird auch zwischen MIV-Widerstand mit und ohne Maßnahmen unterschieden. Der eventuell vorhandenen Einfluss von Maßnahmen außerhalb des Arbeitsbereiches kann (wie im Forschungsprojekt MOBINET) nicht berücksichtigt werden.

Der ÖPNV-Gesamtwiderstand berechnet sich aus dem Reisezeitäquivalenzwert für die Systemverfügbarkeit (einem Wert, der die Fahrtenhäufigkeit und die Regelmäßigkeit der Verbindungen wiedergibt) und dem ÖPNV-Routenwiderstand. Letzterer setzt sich aus den Widerständen für Länge des An- und Abmarschs, Komfort der Einstiegs-, Umstiegs- und Ausstiegshaltestellen, Fahrzeit und Fahrzeugkomfort der Teilwege, sowie Anzahl und Komfort der Umsteigevorgänge zusammen.

Da abzusehen war, dass die einzelnen Maßnahmen im Vergleich zur restlichen Entwicklung des Verkehrsgeschehens, das von vielen anderen Faktoren (Wirtschaftsentwicklung, Siedlungstätigkeit, Steuerpolitik) abhängt, nur geringe Auswirkungen haben würden, wurde das $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ für beide Szenarien jeweils nur mit dem Prognose-Null-Fall verglichen, d.h. $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ wurde nur im jeweiligen Szenario, aber nicht in Bezug auf verschiedene Zeithorizonte, ermittelt. Allein die verwendeten Verkehrsbeziehungsmatrizen für die verschiedenen Zeithorizonte weisen derart große Unterschiede im Quell- und Zielverkehrsaufkommen bei einzelnen Zellen auf, dass ein Vergleich der $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ verschiedener Zeithorizonte nicht nur nicht aussagekräftig, sondern sogar unsinnig erschien.

Die $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ -Werte werden aus Plausibilitätsgründen auf den Wertebereich [0%; 25%] begrenzt und einmal auf ganze Zahlen gerundet und einmal ungerundet ermittelt. Letzteres ermöglicht die Berücksichtigung vieler kleiner ÖPNV-Änderungen, die sich aufgrund der großen Anzahl an Verbindungen (1061 x 1061 Verkehrsbeziehungen) durchaus zu bemerkbaren Werten aufsummieren können.

In ArcView muss die Verkehrsbeziehungsmatrix für alle Quellzellen und alle Zielzellen, nach Bezugsjahren und Nutzergruppen getrennt, zusammengefasst werden. Sinnvollerweise sollte man dies jeweils für die Gesamtfahrten und die Nicht-ÖPNV-Fahrten (also PKW-Fahrer und PKW-Mitfahrer) eines Prognosehorizontes machen. Des Weiteren sollte vermerkt werden, ob der Fahrtzweck „zur Wohnung“ mit aufsummiert werden soll. Für die Wirkungsanalyse wurde in dieser Arbeit dieser Fahrtzweck wegen der Abhängigkeit des Verkehrsmittels von der Hinfahrt weggelassen (in Analogie zum Anwendungsfall). Außerdem lässt er sich auch nicht den zwei gewählten Nutzergruppen „Arbeit/Ausbildung“ und „Kunden/Dienstliche Erledigungen/Freizeit“ zuordnen. Mit den entsprechenden für diesen Zweck programmierten Skrip-

ten in ArcView können auch Herkunfts- und Zielbereiche ausgewählt werden, so dass eine genauere Betrachtung der Auswirkung einer Maßnahme gezielt auf die Umland-Stadt-Beziehungen möglich ist.

Auch die in MATLAB erstellten Umsteigerdateien werden mit einem Skript quell- bzw. zielzellenbezogen aufsummiert.

Für die Zellen, in die das Umland räumlich unterteilt wurde, ist die prozentuale Änderung des ÖPNV-Anteils $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ eine aussagekräftige Größe zur Beschreibung der Maßnahmenwirkungen. Durch Multiplikation der prozentualen ÖPNV-Änderung mit der Gesamtzahl der Fahrten F_{ges} ergibt sich die Anzahl der verlagerten Fahrten $\Delta F_{i,j, \text{ÖPNV}}$.

Für die Beschreibung der Wirkungen auf die Kernstadt sind diese quellbezogenen Kenngrößen jedoch weniger geeignet. Die Belastung des Straßennetzes der Kernstadt hängt davon ab, wie viele MIV-Fahrten aus den einzelnen Teilen des Umlandes in die Kernstadt kommen. Deswegen wird die ÖPNV-Änderung $\Delta a_{ij, \text{ÖPNV}}$ mit der Anzahl der MIV-Fahrten $F_{i,j, \text{MIV}}$ gewichtet. Aus Sicht der Kernstadt ist eine ÖPNV-Änderung in einer Zelle umso wertvoller, je höher der von dort kommende Anteil an der MIV-Belastung der Kernstadt ist. Da die Zellen des Umlandes eine stark variierende Fläche aufweisen, wird die Anzahl der dort entstehenden Fahrten im MIV auf die Zellenfläche A_i bezogen, um zumindest ansatzweise die Problemrelevanz von großen Verkehrsmengen aus kleinen Zellen darstellen zu können. Die auf diese Weise gewichtete ÖPNV-Änderung wird als „Effizienz der Maßnahmenwirkung“ bezeichnet:

$$E_{j,i} = (F_{i,j, \text{MIV}} / A_i) \bullet \Delta a_{i,j, \text{ÖPNV}}$$

$E_{j,i}$	Effizienz der Maßnahmenwirkung für die Kernstadt (j) aus der Zelle i,
$F_{i,j, \text{MIV}}$	Anzahl der Fahrten im MIV aus der Zelle i in die Kernstadt j,
A_i	Fläche der Zelle i,
$\Delta a_{i,j, \text{ÖPNV}}$	ÖPNV-Änderung in der Zelle i für Fahrten in die Kernstadt

5.6 Form der Ergebnisdarstellung

Aus den Tabellen mit den Zellenaufkommen, der Zellentabelle mit den Flächenangaben und den Umsteigertabellen mit der Anzahl der Umsteiger für jede Zelle werden Ergebnistabellen für verschiedene Kenngrößen erstellt, die man sich in ArcView anzeigen lassen kann. Diese sind:

- Anzahl der MIV-Fahrten (von/zur Zelle)
- Anzahl aller Fahrten
- Modal-Split-Anteil des MIV
- Summe der Umsteiger (also der Wechsler vom MIV zum ÖPNV)
- Anteil der Umsteiger am MIV-Aufkommen
- Anteil der Umsteiger am Gesamtverkehrsaufkommen
- Anzahl der Umsteiger pro km² Zellenfläche
- Anteil der Umsteiger am MIV-Aufkommen im Verhältnis zur Zellenfläche

- Anteil der Umsteiger am Gesamtverkehrsaufkommen im Verhältnis zur Zellenfläche
- Effizienz der Maßnahmen (siehe Kapitel 5.5.5)

Als weitere Untersuchungstools kann man sich zum einen für jede Zelle im jeweiligen Thema anzeigen lassen, auf welchen Verkehrsbeziehungen die Umsteiger „generiert“ wurden. Die entsprechenden Ziel- oder Quellzellen werden dann farbig entsprechend der Zahl der erzeugten Wechsler eingefärbt. Zum anderen gibt es die Möglichkeit, sich für alle Zellen das Verhältnis von MIV-Widerstand und ÖPNV-Widerstand, so wie es in der Modal-Split-Berechnungsformel der Standardisierten Bewertung verwendet wird, in Bezug zur ausgewählten Zelle darstellen zu lassen.

Die in Kapitel 5.5.5 hergeleitete Formel für die Effizienz der Maßnahmen sorgt dafür, dass man bei hohen Umsteigerzahlen und kleinen Zellen mit hohem Verkehrsaufkommen und hohem MIV-Anteil die entsprechend hohen Werte für eine effiziente Maßnahme erhält, wohingegen geringe Umsteigerzahlen in großen Zellen mit geringem Verkehrsaufkommen entsprechend niedrigere Werte erzielen. Der Wertebereich der Effizienz ist sehr umfassend. Sehr niedrige Umsteigerwerte können auf große MIV-Intensitäten treffen und umgekehrt. Wichtig ist es deswegen, sich bei der Beurteilung der Ergebnisse auf die Zellen mit hoher Effizienz zu konzentrieren.

5.7 Kritische Auseinandersetzung mit dem Verfahren

5.7.1 Formulierung des Modells

In dem hier verwendeten Modell lässt sich nur ein Teil der Einflussgrößen der Verkehrsmittelwahl adäquat abbilden. Dies liegt vor allem an der Standardisierung des Modells mit einer statischen und diskreten Formulierung der Widerstandsparameter, die zwar eine breite und einfache Anwendung erlaubt, aber als Preis dafür Informationen unterdrückt. Da es in der vorliegenden Arbeit darum ging, verschiedenste Informationen zu berücksichtigen und in ihrer Wechselwirkung zu bewerten, mussten Wege gefunden werden, wie die zusätzlichen Informationen Eingang in das Verfahren finden könnten. Dies zwang zur Zwischenwertbildung bei diskreten Widerstandsangaben sowie zur Verfeinerung der einzelnen Schwellwerte zur Erhöhung oder Verringerung der Widerstandswerte.

Mängel des Modal-Split-Modells liegen außerdem neben den schon in Kap. 4.2 angesprochenen Punkten in folgenden Eigenschaften des gewählten Modal-Split-Verfahrens:

- Alle Parameter sind Mittelwerte. Der Einfluss unterschiedlich großer Untersuchungsgebiete, unterschiedlicher Fahrtzwecke und unterschiedlicher soziodemografischer Gruppen werden nicht berücksichtigt. Gerade bei der Beeinflussung einzelner Fahrtzwecke bzw. Nutzergruppen wie es die Berufspendler oder die sog. „qualifizierte Parkraumnachfrage“ des Parkraummanagements darstellen, wäre aber ein nutzergruppenspezifischer Algorithmus bei der Veränderung der Widerstände bzw. Reisezeitäquivalenten sinnvoll.
- Größen, die nicht in der Dimension Zeit vorliegen, werden entsprechend dem Zeitempfinden der Verkehrsteilnehmer in Reisezeitäquivalente umgerechnet. Das Zeitempfinden lässt sich nicht verallgemeinern, sondern ist orts- und zeitspezifisch, z.B. in Abhängigkeit

von der Ausdehnung des Untersuchungsraums bzw. der Tageszeit, unterschiedlich und hängt auch von der soziodemografischen Struktur der Verkehrsteilnehmer ab. Dies gilt auch für die Umrechnung von Umsteigemodalitäten und Aufenthaltsqualitäten an den Stationen.

- Die Einflussgrößen beschränken sich auf Reisezeiten, Umsteigemodalitäten, Qualität der Stationsausstattung und der Fahrzeuge sowie auf die Anzahl der Fahrten je Zeiteinheit. Nicht berücksichtigt werden Unzuverlässigkeit, die neben der Verlängerung der Reisezeit auch Ärger auslöst, Park-and-Ride- oder Bike-and-Ride-Vorgänge, bei denen nicht die wohnungsnächste Haltestelle des ÖPNV, sondern eine weiter entfernt liegende Haltestelle eines spurgeführten Verkehrsmittels benutzt wird, sowie die Parkraumbewirtschaftung, bei der zwar die Parksuchdauer als Verlängerung der Reisezeit eingeht aber nicht die Kosten oder das psychologische Moment einer Erschwerung des Parkens.

Um diese Mängel soweit wie möglich zu vermeiden, müssen Hilfskonstruktionen geschaffen werden, die zwar die Aussagekraft der Ergebnisse stärker an die Realität heranführen, aber methodisch-theoretisch nicht befriedigen:

Bei der Berechnung einiger Parameter (wie zum Beispiel der Parkraumverfügbarkeit oder des Wertes für den Taktverkehr bei der Berechnung der Systemverfügbarkeit) musste sogar eine neue Definition der Begriffe im Sinne der im Forschungsprojekt untersuchten und bewerteten Maßnahmen vorgenommen werden, um deren Wirkungen abbilden zu können.

Um nachzuweisen, dass die angepassten Parameter rechnerisch in einem vernünftigen Bereich liegen, wurde der Wertebereich der Ergebnisse auf seine Sensitivität bzgl. der verwendeten Eingangswerte untersucht. Dies war möglich, weil sich die Parameterbildung eng an die Vorgaben aus der Widerstandsbeschreibung anlehnte. Auf eine Einführung gänzlich neuer Widerstände oder Reisezeitäquivalente (etwa in Form einer Bewertung der Parkraumentgelte) wurde dagegen verzichtet, da deren Größe und die Art und Weise ihres Einflusses hätten neu berechnet und validiert werden müssen. Ergebnis dieser Vorgehensweise ist eine Informationserhöhung, ohne damit die Komplexität zu erhöhen oder die Stabilität des Verfahrens zu gefährden.

Insgesamt erscheint es notwendig, in dem Modal-Split-Modell der Standardisierten Bewertung den Kanon an standardisierten Einflussgrößen zu erweitern. Dadurch könnten ein breiterer Maßnahmenraum abgebildet oder Maßnahmen feiner miteinander kombiniert werden. Für diese weiteren Einflussmöglichkeiten außerhalb der im zugrunde liegenden Modal-Split-Änderungsverfahren zur Verfügung gestellten Parameter müssten aber gänzlich neue Untersuchungen durchgeführt werden, die es ermöglichen, diese nutzen zu können, sofern sie ermittelt werden können.

5.7.2 Anwendung des Modells

Ein weiteres Problem stellt die Größe und die Gliederung des Untersuchungsraums dar. Es ist nicht verfahrensspezifisch, sondern liegt in der Struktur des Untersuchungsraums begründet. Die Zellen werden in zunehmender Entfernung vom Stadtzentrum größer. So können die lokalen Auswirkungen kleinteiliger Änderungen im Verkehrsangebot, die sich möglicherweise

nur auf den Binnenverkehr auswirken oder deren Anteil an der Gesamtroute zu gering ist, nur schwer erfasst werden.

Ebenso muss auf die Ungenauigkeiten hingewiesen werden, die durch die vielfältigen Verfahrensschritte und die dabei entstehenden Rundungsfehler hervorgerufen werden. Sowohl beschränkte Zahlenformate bei der Übergabe der Daten zwischen den Programmteilen als auch die rechentechnischen Einschränkungen bei den Matrizenoperationen mit den 1024x1024 Verkehrsbeziehungen, die zum größten Teil eine sehr geringe Stärke aufweisen, führen bei der Verwendung verschiedener Rechnerleistungen bzw. nutzerdefinierter Einschränkungen zu messbaren Unterschieden in den Ergebnissen.

Wenn man das Verfahren für einzelne lokale Maßnahmen anwendet, wird man die Wirkungen dieser Maßnahmen deutlich an den Verkehrsbeziehungsbündeln ablesen können, die von der Maßnahme an dieser bestimmten Stelle beeinflusst werden. Bei einer globalen Anwendung mehrerer Maßnahmen muss man eigentlich eine iterative Vorgehensweise fordern, um ein Gleichgewicht der Maßnahmenwirkungen im Gesamtnetz feststellen zu können. Wie in den vorigen Kapiteln beschrieben, werden diese Nachteile hier aber in Kauf genommen, da sie durch zahlreiche Randbedingungen und Beschränkungen auf Verkehrszeiten, Fahrtzwecke und Verkehrsbeziehungen in ihrer Wirkung beschränkt werden.

Die Begrenzung bei den möglichen Routen auf den Bestweg ist eine Einschränkung, die angesichts der Größe des Untersuchungsgebietes und der Vielzahl der Maßnahmen in erster Linie rechentechnische Gründe hat. Das Radialnetz von München begünstigt jedoch ein solches Vorgehen. Untersucht man nun Maßnahmen, die neben dem Radialnetz weitere attraktive parallele oder gar tangentielle Verbindungen anbieten, verteilen sich die Wirkungen viel diffuser im Netz und werden damit unterrepräsentiert.

6 Ermittlung der Wirkungen

6.1 Definition der Wirkungen

Zur Operationalisierung der Daten wurde das Untersuchungsgebiet der Region München in Zellen unterteilt. Die Zellen des Umlandes sind die Quellzellen der Pendlerströme und die Zellen des Stadtgebiets von München die Zielzellen. Die Quellzellen werden landkreisbezogen gebildet. Sie bestehen jeweils aus einer Teilmenge der Gemeinden des betreffenden Landkreises.

Die Wirkungen der Maßnahmen werden auf die Quellzellen bezogen. Sie werden in Form

- der Anzahl der Fahrten $F_{i,j}$, die vom MIV zum ÖPNV verlagert werden,
- der Veränderung des ÖPNV-Anteils an den Fahrten,
- der „Effizienz der Maßnahmenwirkung“, bei welcher die ÖPNV-Änderungen mit der Anzahl der MIV-Fahrten und der Flächengröße der Verkehrszelle in Relation gesetzt werden (vgl. Kap. 5.5.5),

angegeben.

Als Fahrten werden alle Wege definiert, die mit motorisierten Verkehrsmitteln zurückgelegt werden. Dabei werden nur die Hinwege zu den Orten der Aktivitäten berücksichtigt und nicht die Rückwege, d. h. Fahrtenpaare werden als eine Fahrt angesehen. Bei einer Wegekette z. B. Wohnung – Arbeitsplatz – Einkaufsstätte – Wohnung sind dies zwei und nicht drei Wege. Allerdings werden diese zwei Wege als voneinander unabhängig betrachtet, das heißt, das für die erste Fahrt verwendete Verkehrsmittel beeinflusst die Verkehrsmittelwahl für die zweite Strecke nicht. Insgesamt wird jedoch vereinfachend davon ausgegangen, dass zumindest die Fahrt zurück zur Wohnung mit demselben Verkehrsmittel erfolgt, wie die Fahrt von der Wohnung zum ersten Ziel, so dass sich über die große Menge von Fahrten vom Umland in die Kernstadt keine allzu großen Fehler ergeben.

Wenn Personen gemeinsam einen PKW benutzen (PKW-Selbstfahrer und PKW-Mitfahrer) werden die Wege der einzelnen Personen jeweils als gesonderte PKW-Fahrt angesehen. Dies geschieht, weil sie einzeln zum ÖPNV wechseln können. Bei Wegen mit Verkehrsmittelkombinationen aus individuellen und öffentlichen Verkehrsmitteln (z. B. Bike-and-Ride, Park-and-Ride) wird der ÖPNV als Hauptverkehrsmittel für die Einordnung der Fahrt angesehen. D. h., die Fahrradfahrt zur Bike-and-Ride-Anlage und die PKW-Fahrt zur Park-and-Ride-Anlage werden wie die Fußwege zur Haltestelle lediglich als eine in einer Fahrt enthaltene Zubringung zum Verkehrsmittel ÖPNV angesehen und nicht als gesonderte Fahrt.

6.2 Wirkung der Einzelmaßnahmen

6.2.1 Gesamtzahl der verlagerten Fahrten

Die Gesamtzahl der täglichen Fahrten im gesamten Untersuchungsraum (einschließlich Binnenfahrten in der Kernstadt und Binnenfahrten im Umland) beträgt gemäß der Prognose für das Jahr 2005 und der Definitionen aus Kapitel 6.1 2.672.592 Fahrten (der MOBINET-Abschlussbericht geht von über 3 Mio. Fahrten im Untersuchungsraum insgesamt aus). Ohne Berücksichtigung der MOBINET-A-Maßnahmen werden davon 1.380.722 Fahrten als Selbstfahrer mit dem PKW durchgeführt (Modal-Split-Anteil 51,7%), 156.024 Fahrten als Mitfahrer im PKW (Modal-Split-Anteil 5,8%), und 1.135.846 Fahrten mit dem ÖPNV (Modal-Split-Anteil 42,5%).

In der nachfolgenden Tabelle sind die Verlagerungen auf den ÖPNV dargestellt, die sich durch die MOBINET-A-Maßnahmen ergeben.

	Absolutwert der vom MIV auf den ÖPNV verlagerten Fahrten	Anteil der ver- lagerten Fahr- ten an der Gesamtzahl der Fahrten innerhalb des Untersu- chungsraums
Szenario „Geringerer Umfang“		
Stadt-Umland-Bahn	3.012	0,11%
Zubringerbusse	1.906	0,07%
Bike+Ride	1.342	0,05%
Park+Ride	1.232	0,05%
Parkraummanagement	9.608	0,35%
Szenario „Größerer Umfang“		
Störfallmanagement S-Bahn	24.606	0,92%
Stadt-Umland-Bahn	5.850	0,22%
Zubringerbusse	6.012	0,26%
Bike+Ride	4.906	0,18%
Park+Ride	6.726	0,29%
Parkraummanagement	58.173	2,18%

Tab. 6.2-1: Durch MOBINET-A-Einzelmaßnahmen vom MIV auf den ÖPNV verlagerte Fahrten im gesamten Untersuchungsraum (einschl. Binnenverkehr innerhalb der Kernstadt und im Umland) absolut und im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Fahrten.

Die Daten zeigen, dass die Wirkungen der MOBINET-A-Maßnahmen bis auf das Parkraummanagement fast schon im Messrauschen untergehen.

Erst wenn man die Untersuchung auf diejenigen Fahrten beschränkt, die zwischen den Umlandgemeinden und dem Bereich innerhalb des Mittleren Rings in München stattfinden, also ohne die jeweiligen Binnenfahrten, tritt die Wirkung der Maßnahmen deutlicher hervor. Auf diesen Relationen beträgt die Gesamtzahl der täglichen Fahrten 98.481, dies sind knappe 4%

der Fahrtenanzahl im Gesamtgebiet. Als MIV-Selbstfahrer werden auf diesen Relationen 56.780 Fahrten zurückgelegt (= 57,6%), als MIV-Mitfahrer 3.520 Fahrten (= 3,6%) und mit dem ÖPNV 36.381 Fahrten (= 36,8%). Der Besetzungsgrad der PKW liegt dabei lediglich bei 1,06 Personen/Fahrzeug.

	Absolutwert der vom MIV auf den ÖPNV verla- gerten Fahr- ten	Anteil der ver- lagerten Fahr- ten an der Gesamtzahl der Fahrten zwischen Um- land und Kern- stadt
Szenario „Geringerer Umfang“		
Stadt-Umland-Bahn	262	0,27%
Zubringerbusse	207	0,21%
Bike+Ride	55	0,06%
Park+Ride	55	0,06%
Parkraummanagement	1.096	1,11%
Szenario „Größerer Umfang“		
Störfallmanagement S-Bahn	1.985	2,02%
Stadt-Umland-Bahn	424	0,43%
Zubringerbusse	794	0,81%
Bike+Ride	158	0,16%
Park+Ride	157	0,16%
Parkraummanagement	6.492	7,61%

Tab. 6.2-2: Durch MOBINET-A-Einzelmaßnahmen vom MIV auf den ÖPNV verlagerte Fahrten zwischen dem Umland und dem Bereich innerhalb des Mittleren Rings (absolut und im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Fahrten).

Außer bei den gebrochenen Verkehren Park-and-Ride und Bike-and-Ride erhöht sich durch die Beschränkung auf die Beziehungen zwischen Umland und Bereich innerhalb des Mittleren Rings der Anteil der verlagerten Fahrten für die einzelnen Maßnahmen auf etwa den doppelten Wert. Dabei hat nach wie vor die Maßnahme der Parkraumbewirtschaftung die größte Wirkung.

Da die Maßnahmen auf die Pendler zwischen Umland und Kernstadt ausgerichtet sind, werden die ÖPNV-Änderungen für die Gesamtheit der Fahrten nicht weiter verfolgt.

Aus den räumlich aufsummierten Fahrten über den gesamten Untersuchungsraum kann man nicht erkennen, in welchen Bereichen die Maßnahmen besonders wirksam sein werden und wo sich die Verkehrsteilnehmer als besonders maßnahmenresistent erweisen werden. Um hierzu nähere Informationen zu erhalten, müssen die Wirkungen auf die einzelnen Zellen bezogen werden. Diese Analyse wird durch das Geoinformationssystem (GIS) unterstützt. Im GIS können die Beziehungen nach Herkunfts- und Zielbereichen ausgewählt, die Fahrten von den Zellen aus oder zu den Zellen hin (Quell- und Zielzellen) differenziert betrachtet und eine Vielzahl von verschiedenen Untersuchungsgrößen angezeigt werden.

6.2.2 Räumliche Differenzierung der Maßnahmenwirkungen

Die räumliche Differenzierung der Pendlerströme erfolgt nach den Verkehrszellen. Dabei liegen die Zielzellen j innerhalb des Stadtgebiets von München. Die Quellzellen i entsprechen den in Gemeindegruppen unterteilten Landkreisen. Die Einteilung der Zellen ist in Abbildung 6.2-1 dargestellt.

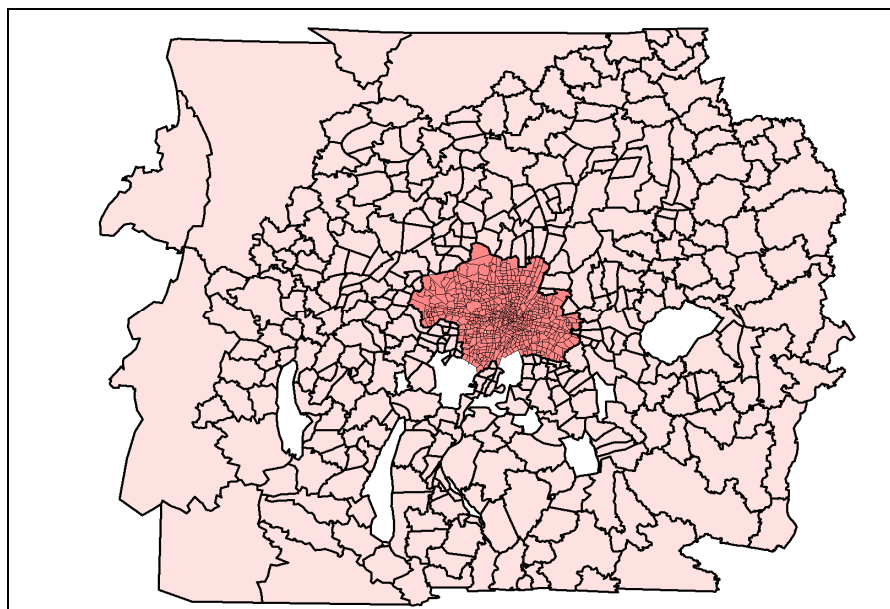


Abb. 6.2-1: Einteilung des Untersuchungsgebietes in Zellen.

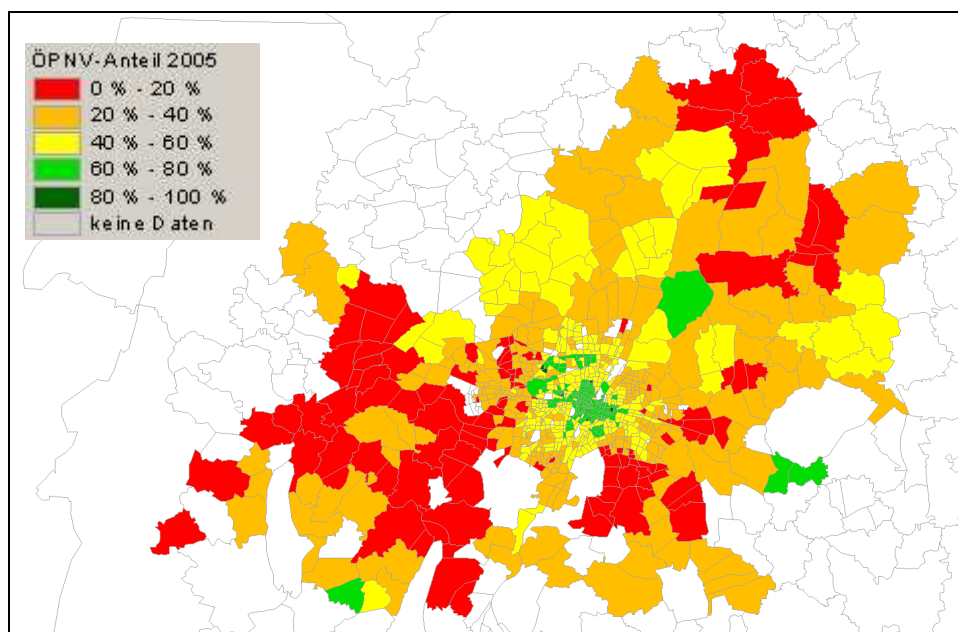


Abb. 6.2-2: ÖPNV-Anteil im Jahr 2005

Bezug der Untersuchungen ist der ÖPNV-Pendler-Anteil im Jahr 2005. Er wurde auf der Basis von 2000 hochgerechnet und ist in der Abbildung 6.2-2 dargestellt. Darin erkennt man bereits die ÖPNV-Affinität der Münchener Innenstadt und den abnehmenden ÖPNV-Anteil in Richtung Außenräume, hier besonders der (S-Bahn-)Achsenzwischenräume. Die Lücken in der Grafik sind größtenteils auf die Datenlieferung zurückzuführen (so fehlen z. B. Informati-

onen für den gesamten Landkreis Dachau außerhalb der Stadt Dachau), aber auch auf die gemeindefreien Wald- und Seengebiete südlich von München.

Die nachfolgenden Abbildungen geben die prozentuale ÖPNV-Änderung (Anteil der verlagerten Fahrten an der Gesamtzahl der Fahrten aus diesen Zellen heraus) sowie die Effizienz der Maßnahmenwirkungen (vgl. Definitionen in Kap. 6.1) für die Pendler zwischen Umland und Kernstadt wieder. Dabei wird unterschieden zwischen den Szenarien „Geringer Umfang“ und „Größerer Umfang“.

Prozentuale ÖPNV-Änderung – Szenario „Geringer Umfang“

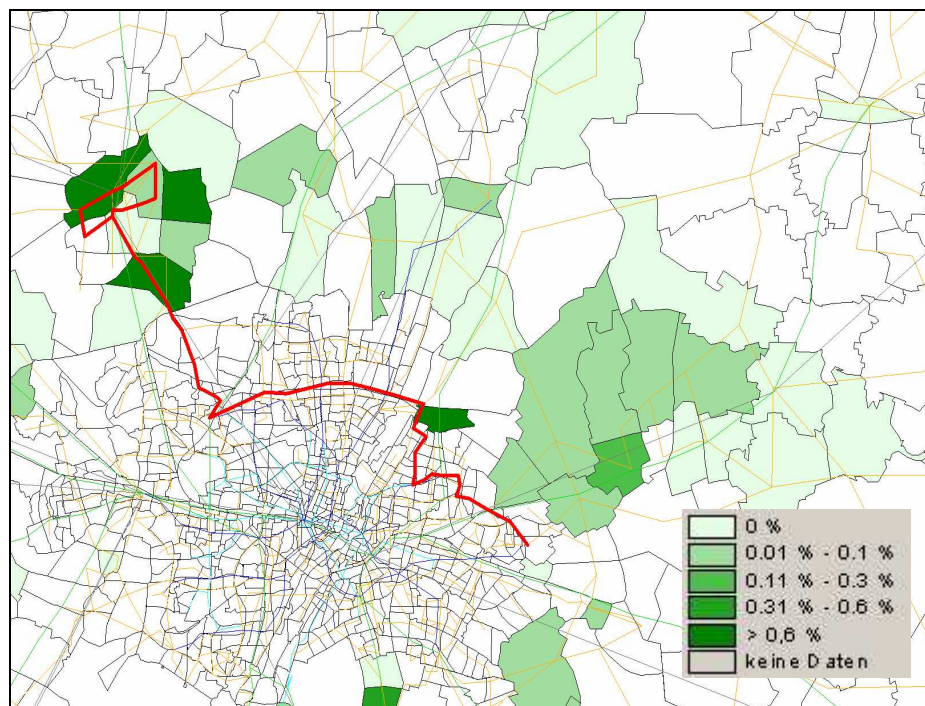


Abb. 6.2-3: nur SUB-Linie 1

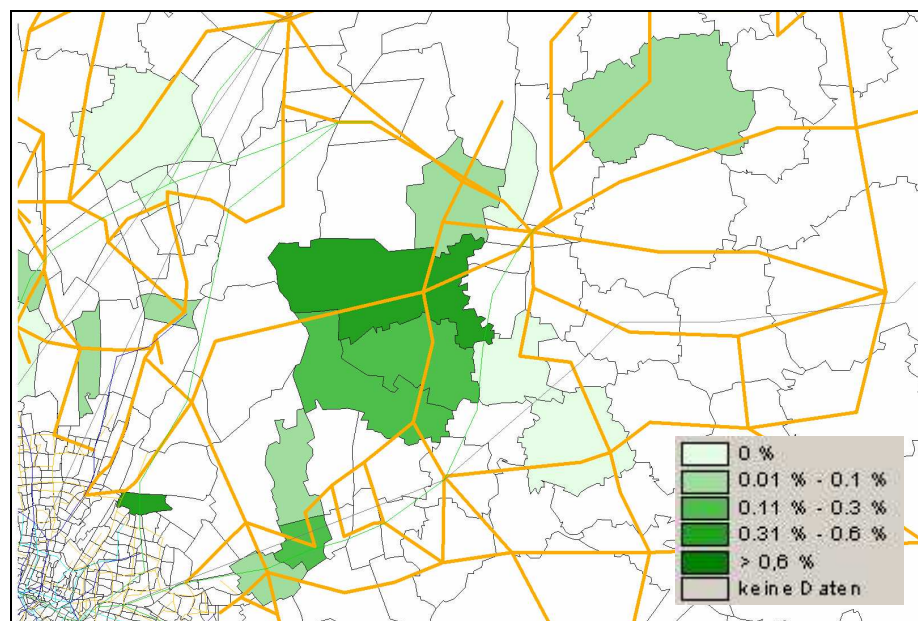


Abb. 6.2-4: Verbesserung der Zubringerbusse nur im Landkreis Erding

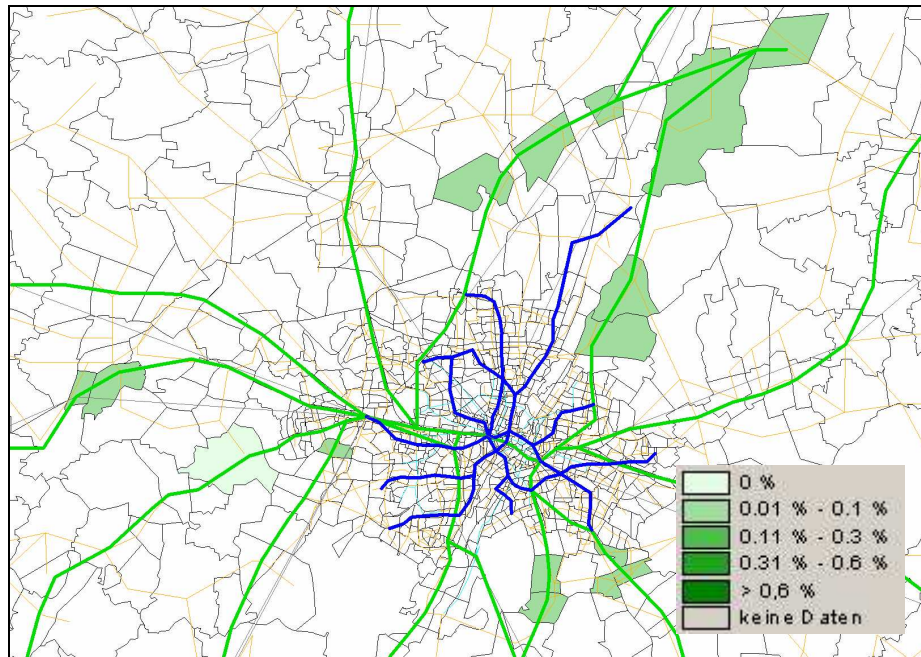


Abb. 6.2-5: Verbesserung nur an einzelnen B+R-Anlagen

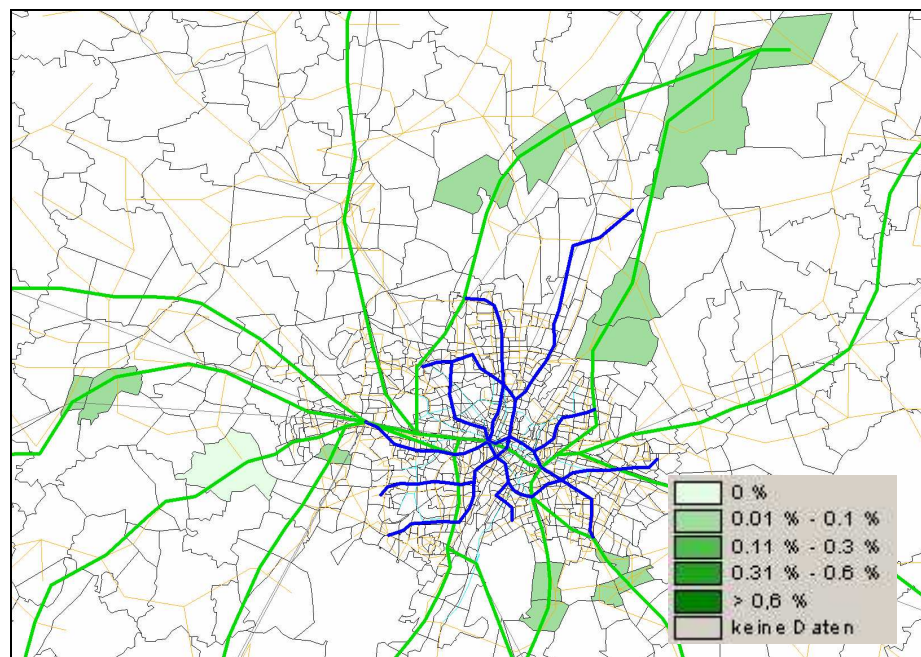


Abb. 6.2-6: Verbesserung nur an einzelnen P+R-Anlagen

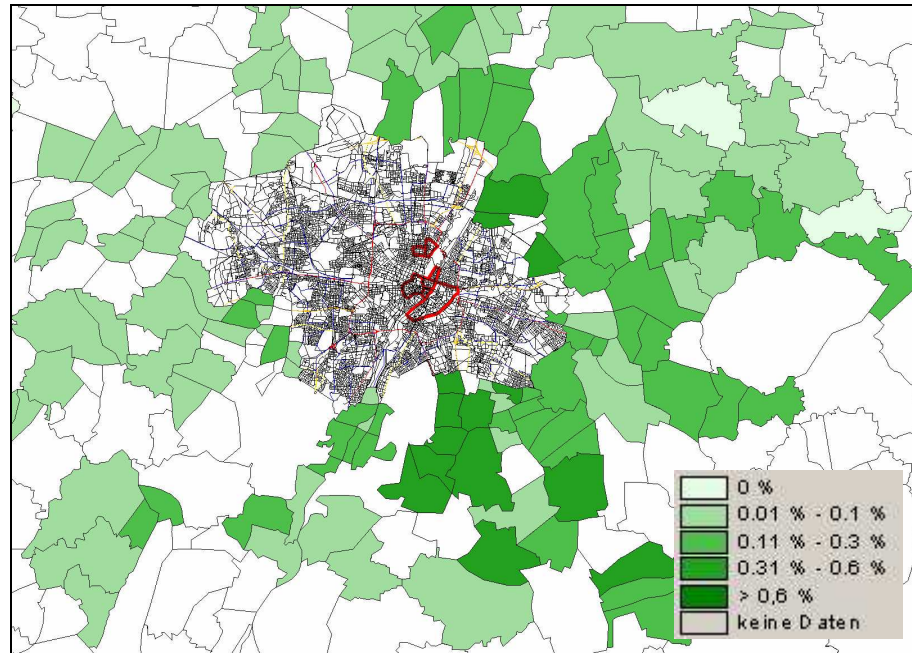


Abb. 6.2-7: Parkraummanagement nur in einzelnen Gebieten

Prozentuale ÖPNV-Änderung – Szenario „Größerer Umfang“

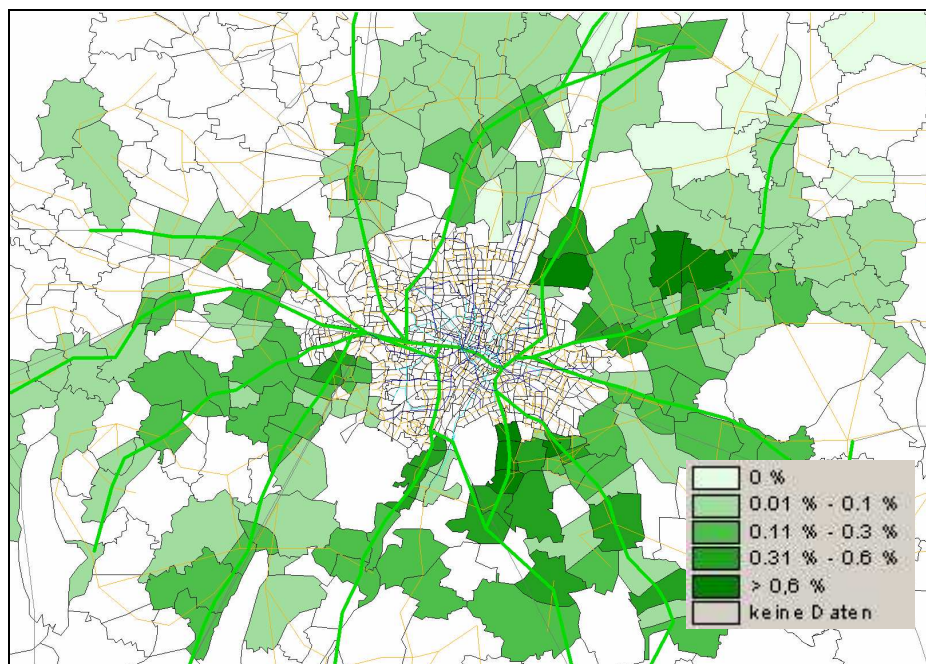


Abb. 6.2-8: Störfallmanagement S-Bahn

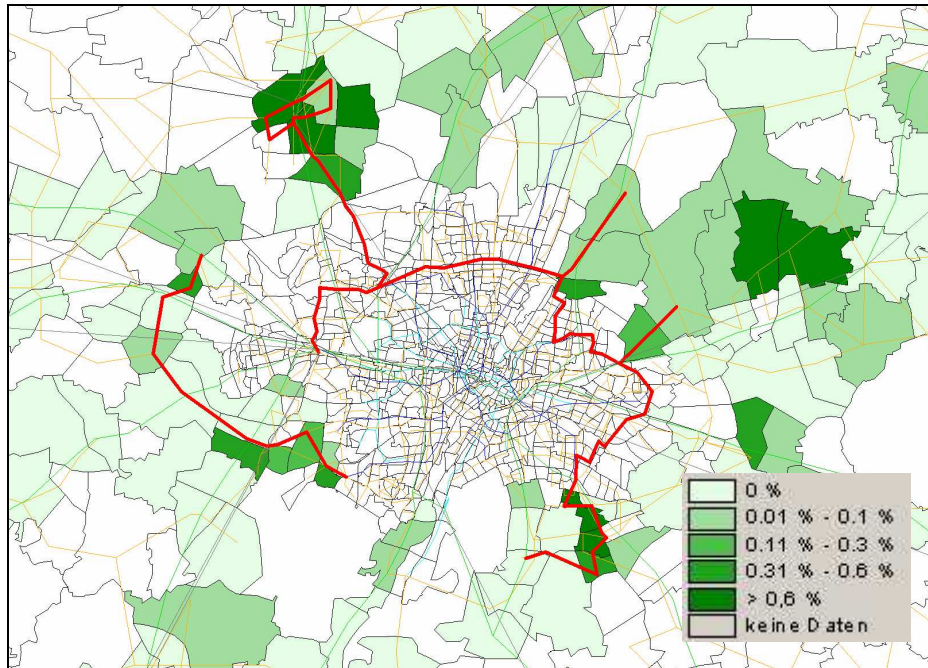


Abb. 6.2-9: Realisierung des gesamten SUB-Netzes

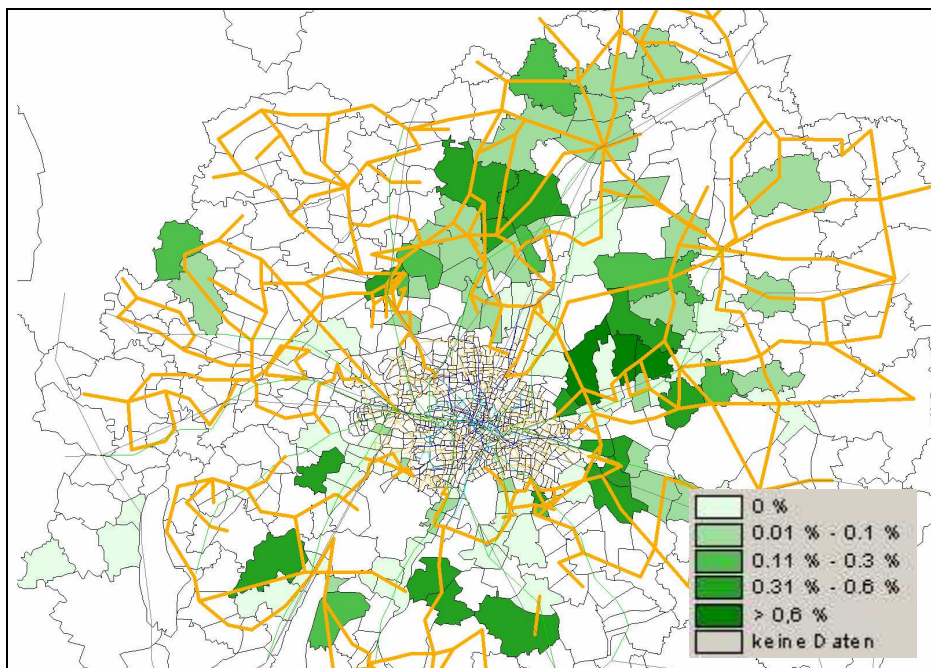


Abb. 6.2-10: Verbesserung aller Zubringerbusse

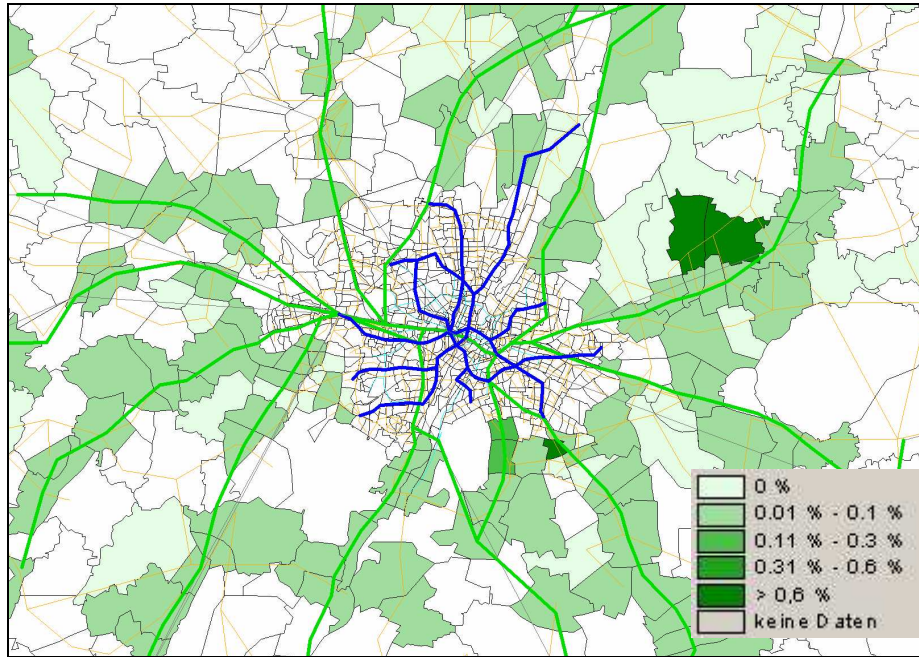


Abb. 6.2-11: Verbesserung aller B+R-Anlagen

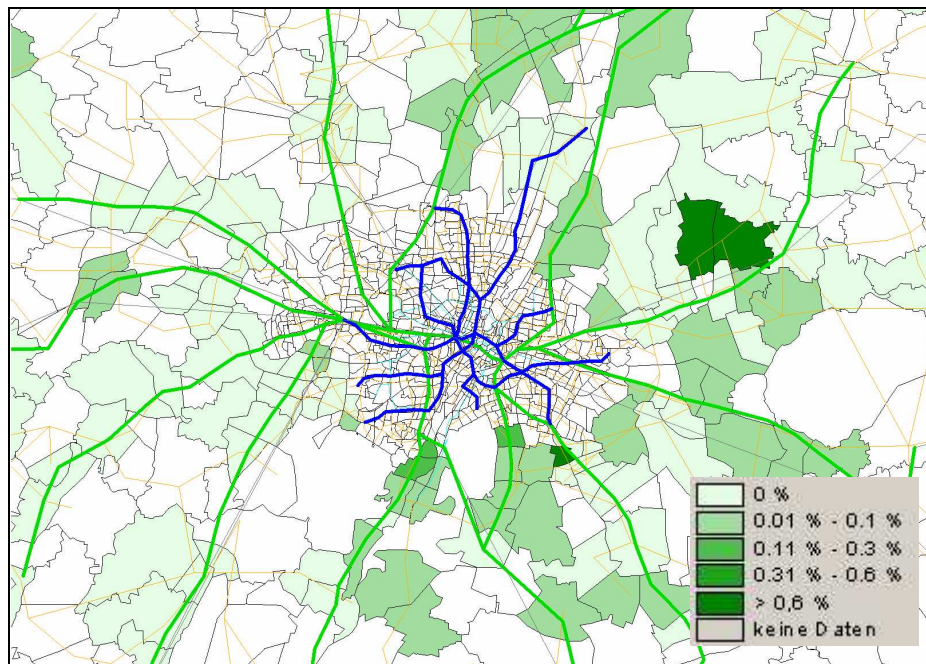


Abb. 6.2-12: Verbesserung aller P+R-Anlagen

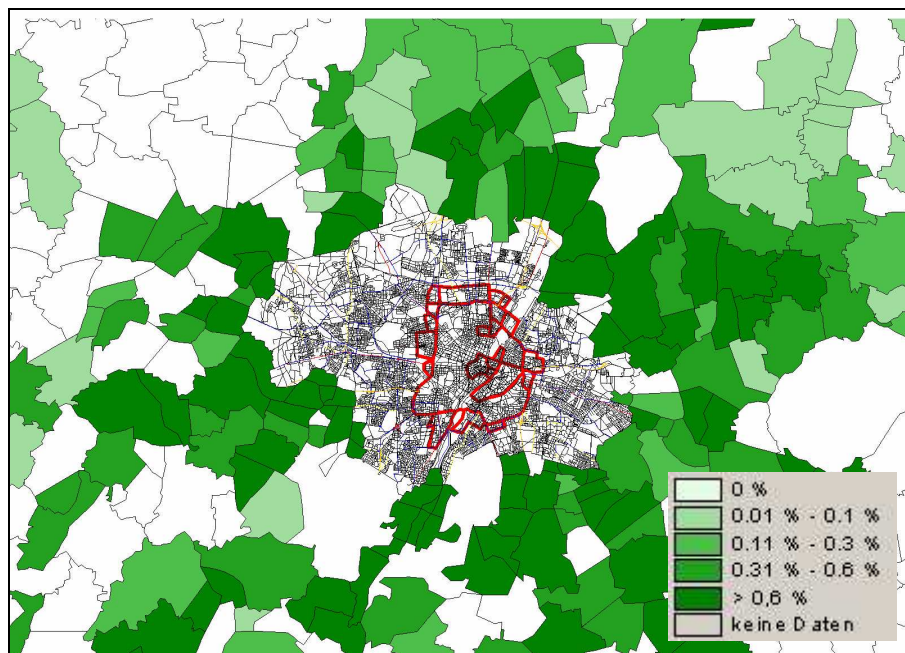


Abb. 6.2-13: Parkraummanagement innerhalb des gesamten Mittleren Rings

Am deutlichsten sind die Auswirkungen der Maßnahmen „Stadt-Umland-Bahn“, „Verbesserung der Buszubringer“ und „Parkraummanagement“ zu erkennen. Bei der Stadt-Umland-Bahn und der Verbesserung der Buszubringer sind die Auswirkungen jeweils in der Nähe der Anwendungsorte der Maßnahmen am größten. Je weiter man sich von den verbesserten Linien oder Haltestellen bzw. von den bewirtschafteten Gebieten wegbewegt, desto geringer wird die Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl. Die anderen Maßnahmen sind in ihrer Beeinflussungsmöglichkeit des Modal-Splits so allgemein gefasst, dass sich ihre Wirkungen auf größere Bereiche verteilen und eine genaue Maßnahmen-Wirkungs-Beziehung auf der Karte nicht erkennbar ist. Dies liegt mitunter daran, dass die durch eine Verbesserung des ÖPNV zu erreichenden Vorteile verhältnismäßig gering gegenüber den Umsteigewiderständen oder auch den sonstigen Fahrtwegwiderständen sind.

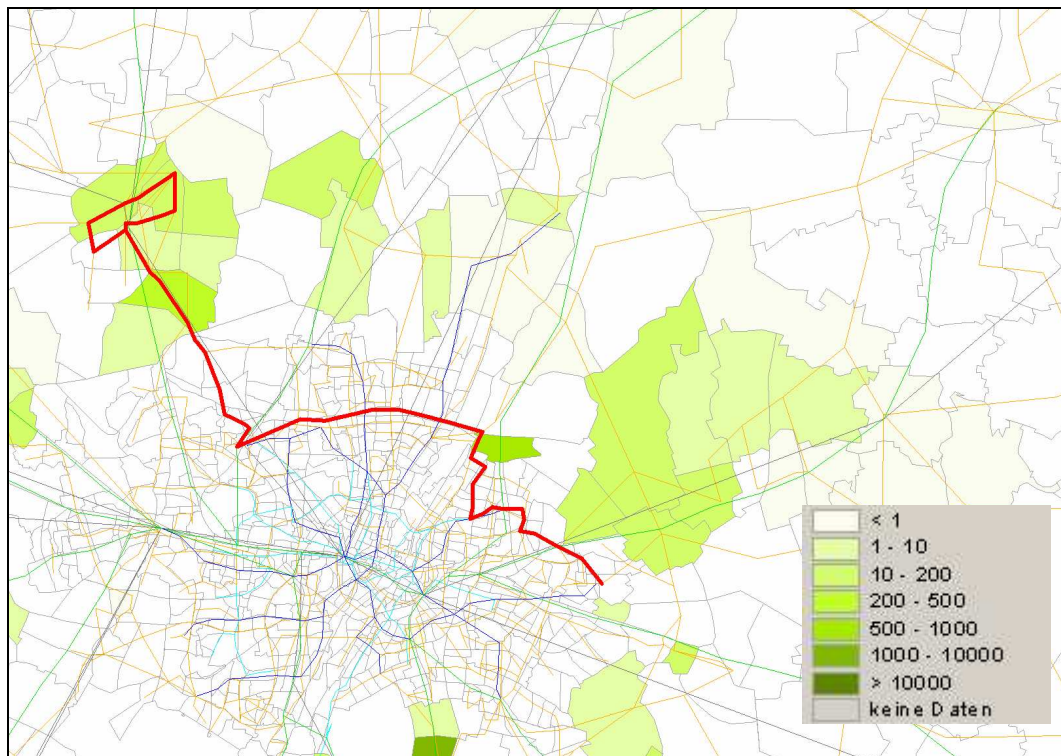
Effizienz der Maßnahmenwirkungen – Szenario „Geringer Umfang“

Abb. 6.2-14: nur SUB-Linie 1

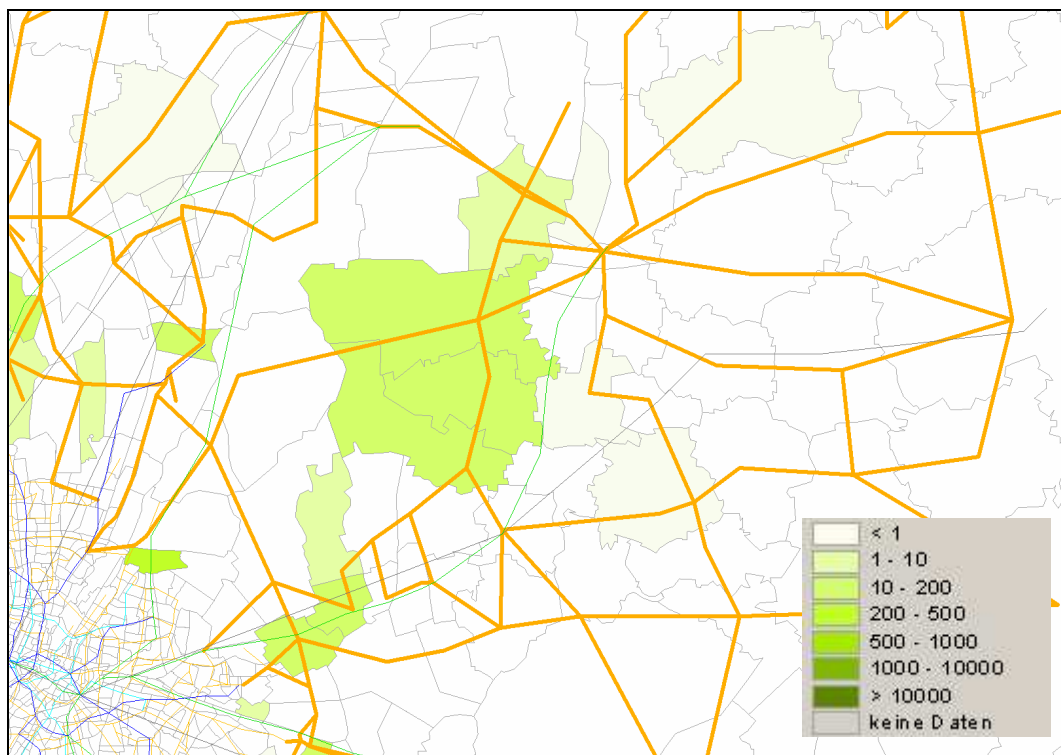


Abb. 6.2-15: Verbesserung der Zubringerbusse nur im Landkreis Erding

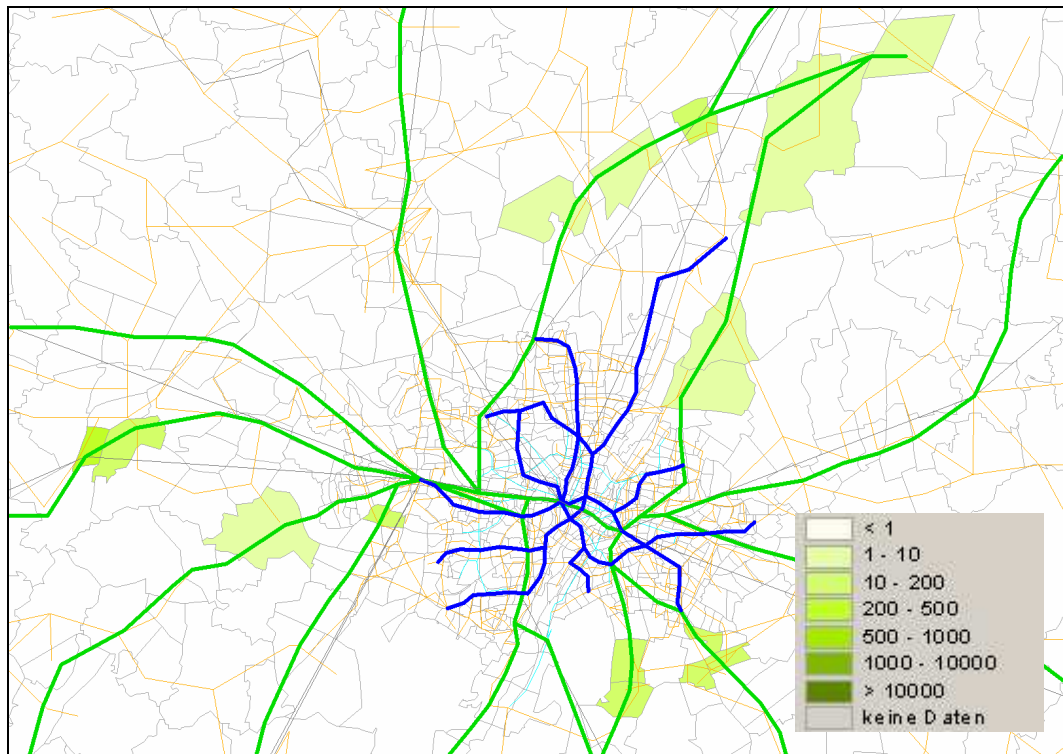


Abb. 6.2-16: Verbesserung des B+R nur an einzelnen Anlagen

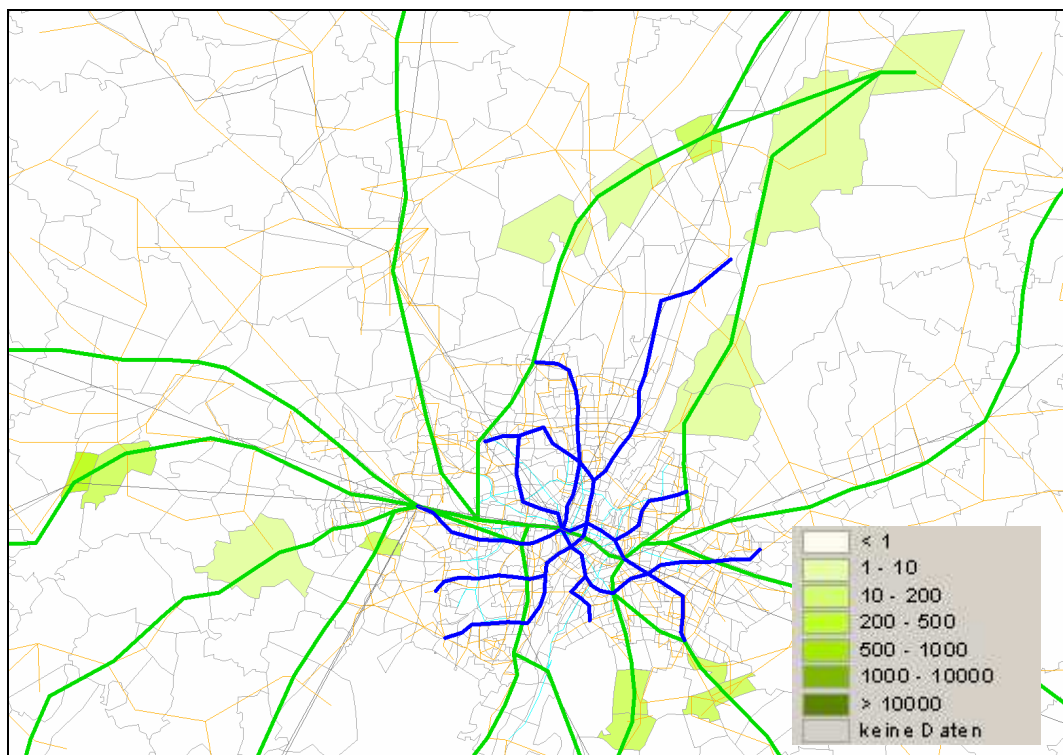


Abb. 6.2-17: Verbesserung des P+R nur an einzelnen Anlagen

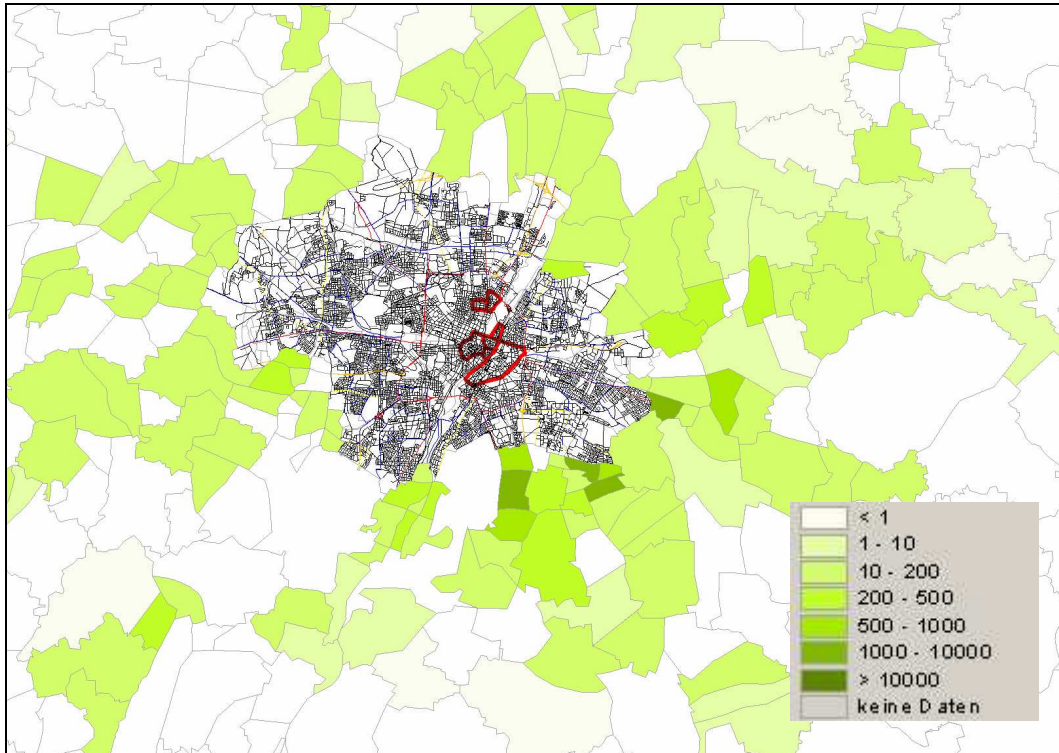


Abb. 6.2-18: Parkraummanagement nur in den einzelnen Gebieten

Effizienz der Maßnahmenwirkungen – Szenario „Größerer Umfang“

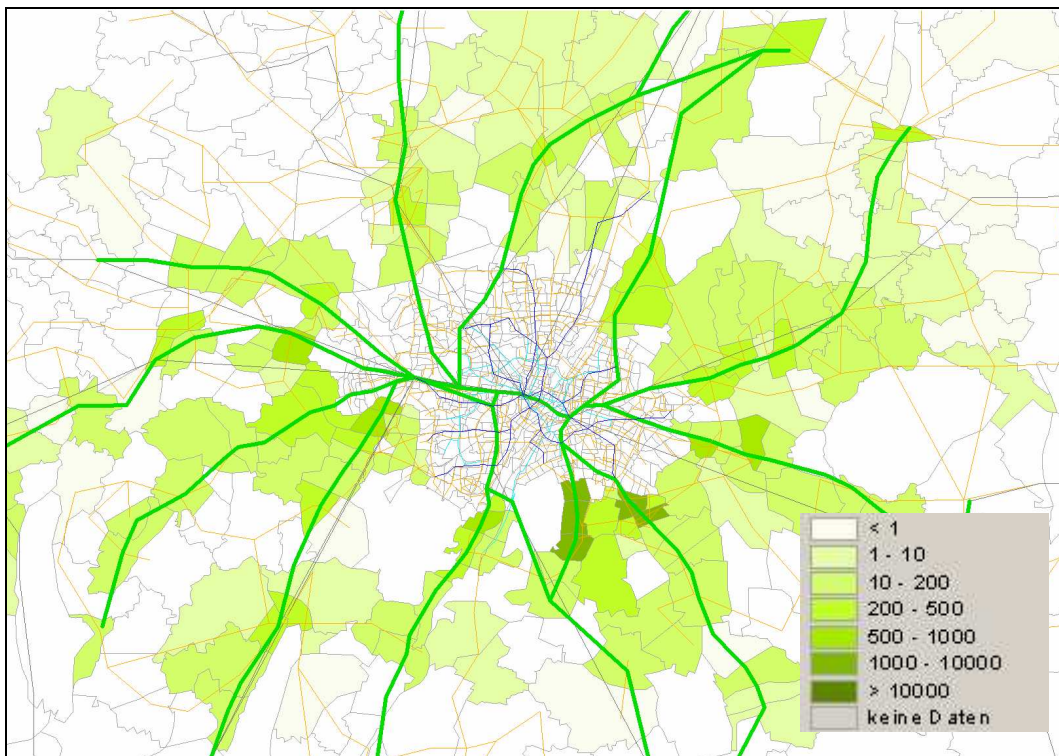


Abb. 6.2-19: Störfallmanagement der S-Bahn

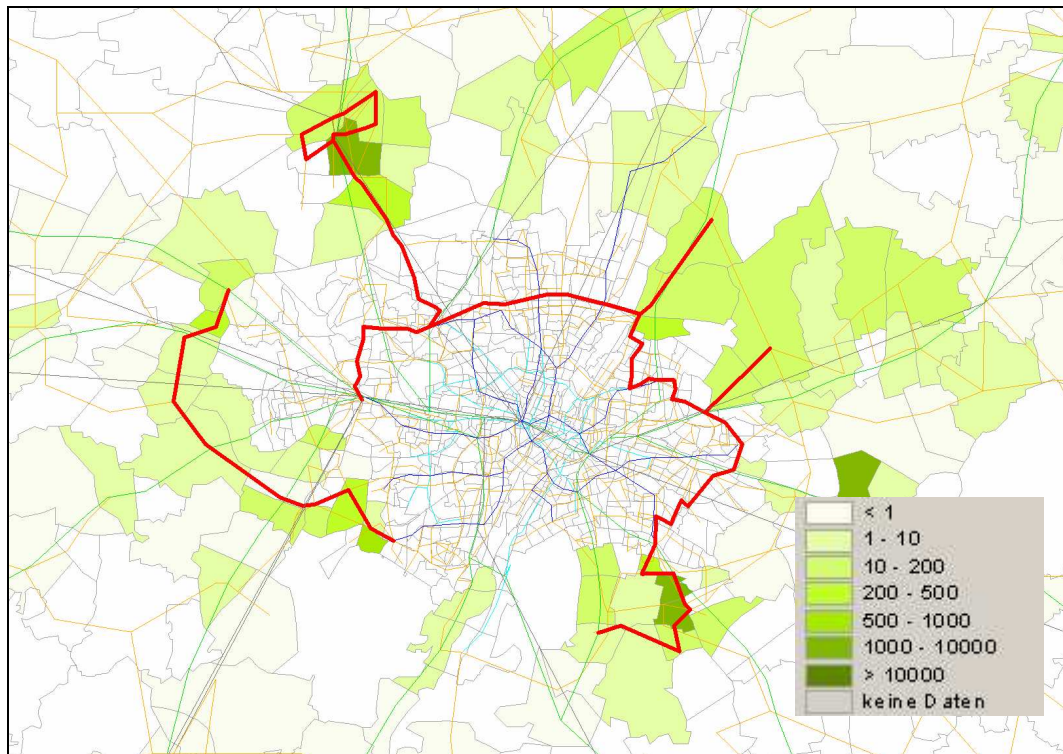


Abb. 6.2-20: Realisierung des gesamten SUB-Netzes

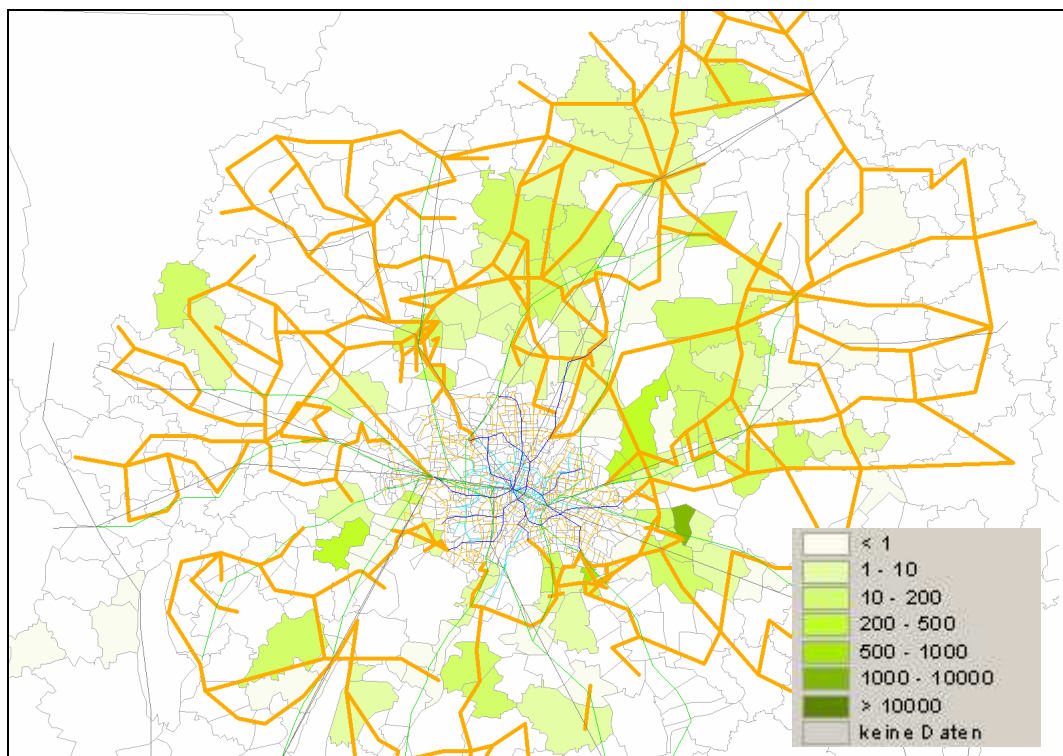


Abb. 6.2-21: Verbesserung aller Zubringerbusse

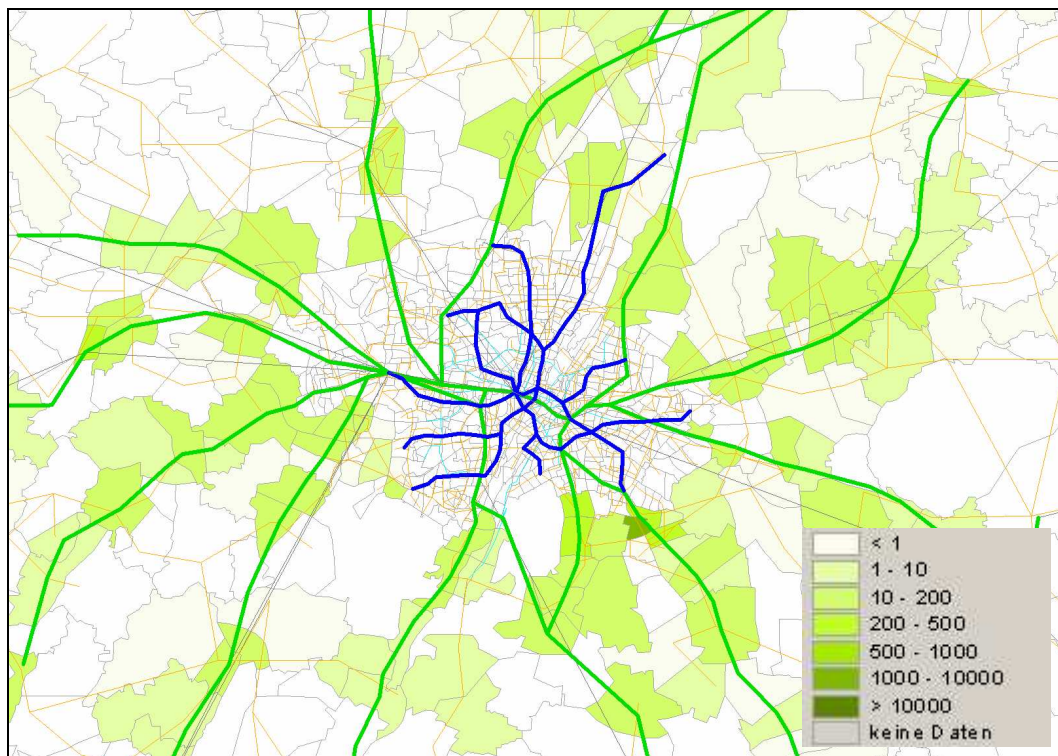


Abb. 6.2-22: Verbesserung aller B+R-Anlagen

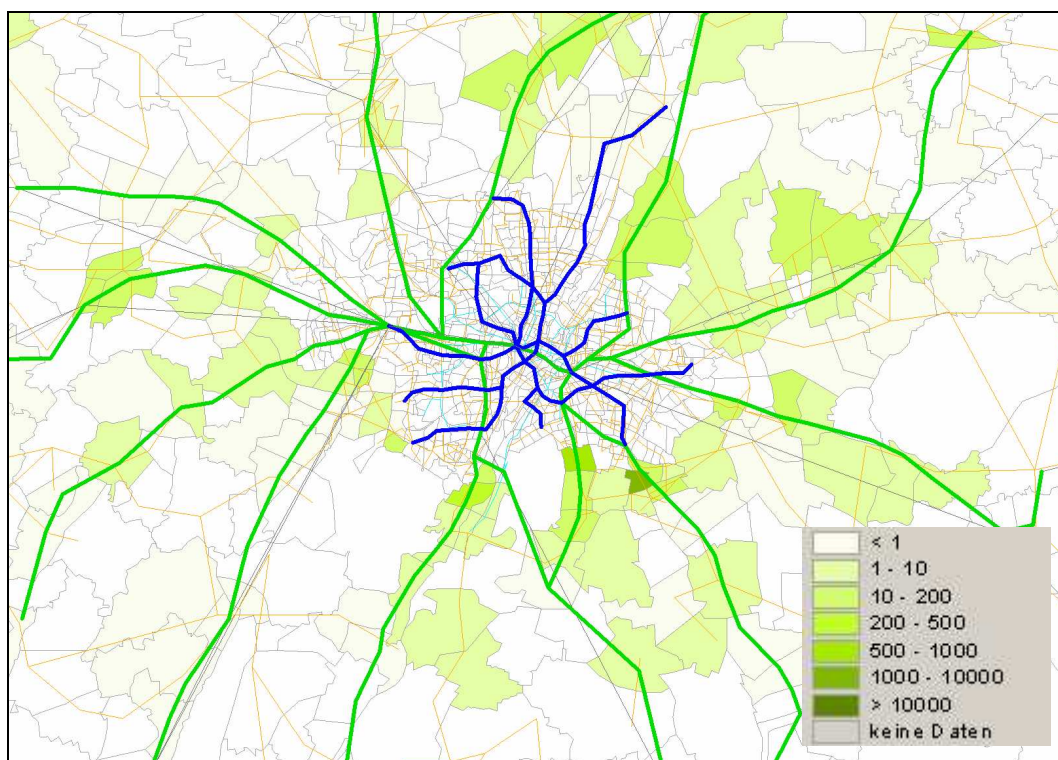


Abb. 6.2-23: Verbesserung aller P+R-Anlagen

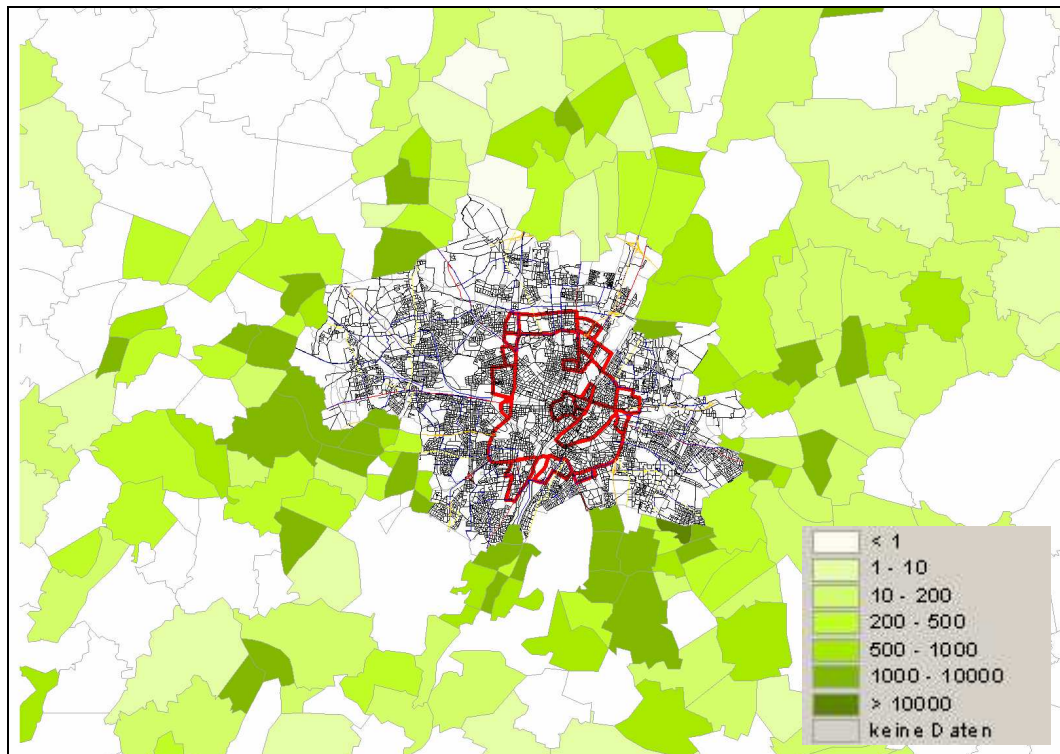


Abb. 6.2-24: Parkraummanagement innerhalb des gesamten Mittleren Rings

Die Berechnungen haben folgende Ergebnisse:

- Das Störfallmanagement bei der S-Bahn und die Parkraumbewirtschaftung erweisen sich als die wirkungsvollsten Beeinflussungsmöglichkeiten der Verkehrsmittelwahl, sowohl in der Höhe der erreichten Effizienz als auch in ihrem räumlichen Umgriff. Dies verwundert nicht, da der Großteil der Fahrten in der Region München radial auf die Stadt ausgerichtet ist und ihr Ziele häufig in den hoch belasteten Gebieten innerhalb des Mittleren Rings liegen.
- Da die Stadt-Umland-Bahn und die Zubringerbusse zu den Schnellbahnstrecken Maßnahmen sind, die nur im Umland bzw. nur tangential im Stadtbereich wirken, ist deren Effizienz räumlich begrenzt. Die Wirkungen zeigen sich vor allem in der Nähe der Bereiche, in denen die Maßnahmen lokalisiert sind.
- Da die Effizienz direkt vom vorhandenen Verkehrsaufkommen sowie dem MIV-Anteil am selbigen abhängig ist, treten diejenigen Zellen hervor, die ein deutliches Verbesserungspotential aufweisen. Besonders bei den Maßnahmen Bike-and-Ride und Park-and-Ride wird die Effektivität der Maßnahmenwirkungen vor allem durch die Zellengröße und deren Verkehrsaufkommen bestimmt. Die prozentuale ÖPNV-Veränderung ist relativ homogen über das Untersuchungsgebiet verteilt, allerdings bei sehr kleinen Werten.
- Insgesamt erkennt man, dass bei einem hohen ÖPNV-Anteil in der Stadt dort der Binnenverkehrsanteil ebenfalls groß ist – die Maßnahmen zur Beeinflussung der Pendler im Umland wirken sich auf diese Gruppe naturgemäß nicht aus. Ebenso gibt es im weiteren Umland viel Tangentialverkehr, der von den Maßnahmen kaum Nutzen zieht oder restriktiv beeinflusst wird. Die oben gezeigten Bilder verdeutlichen, dass die Beziehungen vom Umland in die Stadtmitte über die Fläche gesehen relativ unbedeutend sind: Die Grafiken

weisen niedrigere Werte aus, als es bei der Darstellung sämtlicher Verkehrsbeziehungen der Fall wäre. (Die weißen Zellen in der Mitte der Grafiken rühren von der Tatsache her, dass die Quellzellen der Beziehungen vom Umland in den Bereich innerhalb des Mittlern Rings (INRA) angezeigt werden – im INRA gibt es also nur Zielzellen.)

6.3 Wirkung von Maßnahmenkombinationen

Der modulare Aufbau des gesamten Verfahrens der Netzerstellung, der Routensuche, der Berechnung der Veränderung des Modal-Splits und der Darstellung der Ergebnisse, ermöglicht es, die verschiedenen Maßnahmen zu kombinieren und ihre Gesamtwirkung aufzuzeigen.

6.3.1 Kombination sämtlicher Maßnahmen

Durch die Kombination der Maßnahmen ist eine stärkere Verlagerung zum ÖPNV zu erwarten.

Untersuchungsfall „Alle Maßnahmen“	Absolutwert der vom MIV auf den ÖPNV verlagerten Fahrten	Anteil der ver- lagerten Fahr- ten an der Gesamtzahl der Fahrten zwischen Um- land und Kern- stadt
Szenario „Geringerer Umfang“	1.177	1,20%
Szenario „Größerer Umfang“	9.130	9,27%

Tab. 6.3-1: Durch Kombination sämtlicher Maßnahmen vom MIV auf den ÖPNV verlagerte Anzahl der Fahrten auf den Beziehungen vom Umland in den Bereich innerhalb des Mittleren Rings (absolut und im Verhältnis zur Gesamtanzahl der Fahrten).

Anfangs wurden Überlegungen angestellt, ob sich verschiedene Maßnahmen gegenseitig verstärken oder schwächen, ob z. B. verbesserte P+R-Anlagen den Zubringerbussen Fahrgäste wegnehmen. Bei der Berechnung und Darstellung der Ergebnisse hat sich aber herausgestellt, dass die Maßnahmen nur dort additiv wirken, wo sie verschiedene Teilstrecken derselben Route betreffen.

Ein negativer Einfluss auf die Veränderung des Modal-Splits im Sinne des Projektziels kann allerhöchstens durch die Erhöhung des Widerstands durch eine erhöhte Anzahl von Umsteigevorgängen auf einer ansonsten attraktiveren Route erzielt werden. Dieser Effekt wurde verfahrenstechnisch ausgeschlossen. Ansonsten wurden keinerlei negative Bewertungen auf Routen oder Reisezeitäquivalente aufgebracht. So können sich auch nicht, wie befürchtet, Maßnahmen in ihrer Wirkung gegenseitig negativ beeinflussen.

Szenario „Geringer Umfang“

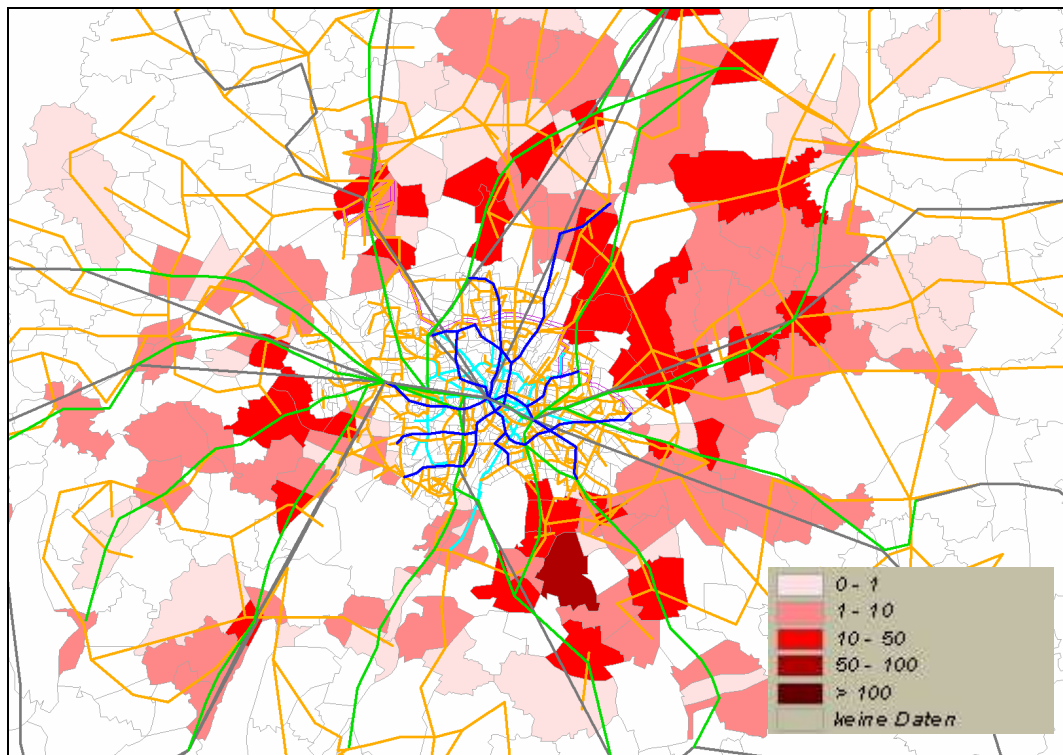


Abb. 6.3-1: Anzahl der Verkehrsmittelwechsler

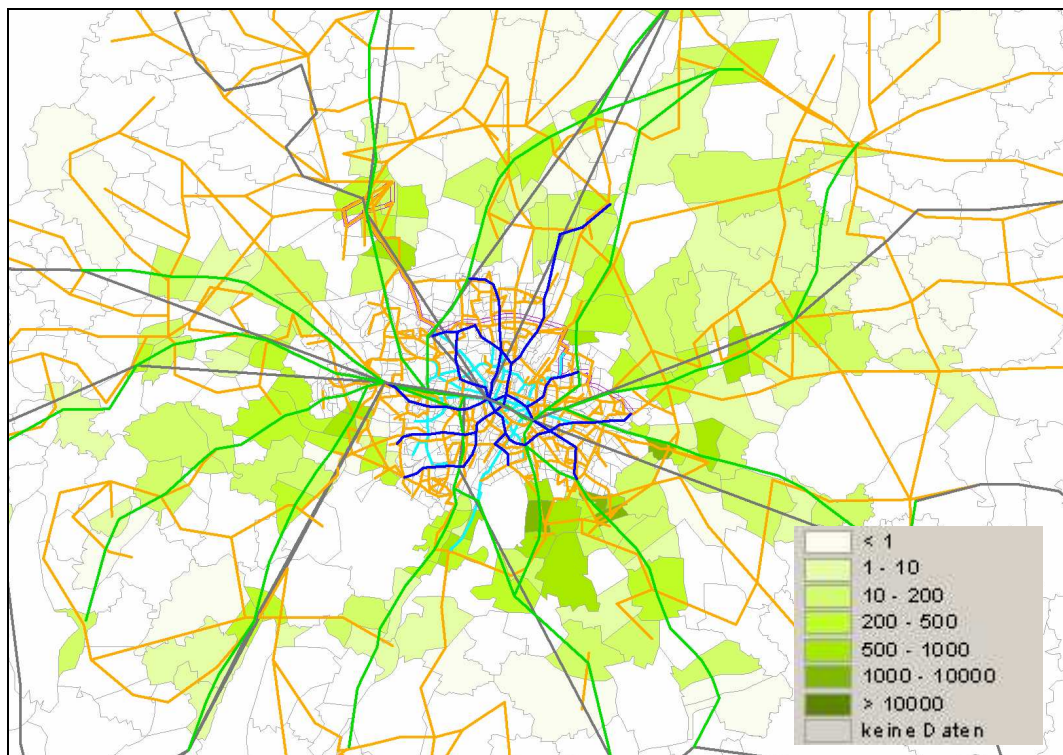


Abb. 6.3-2: Effizienz des Verkehrsmittelwechsels

Szenario „Größerer Umfang“

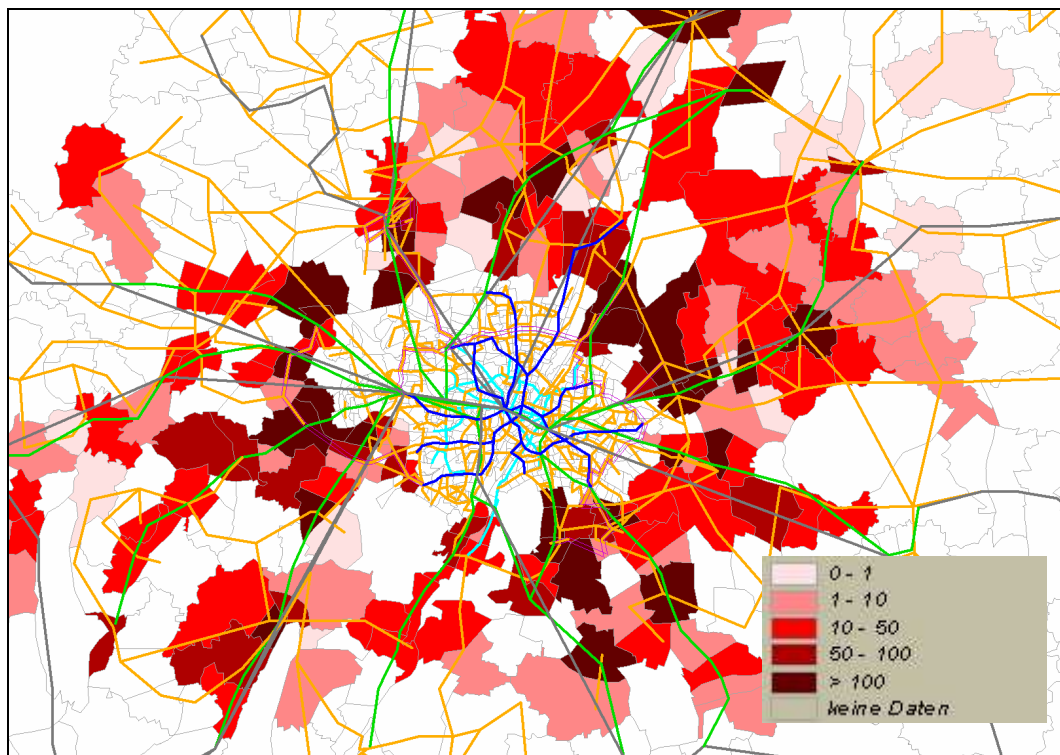


Abb. 6.3-3: Anzahl der Verkehrsmittelwechsler

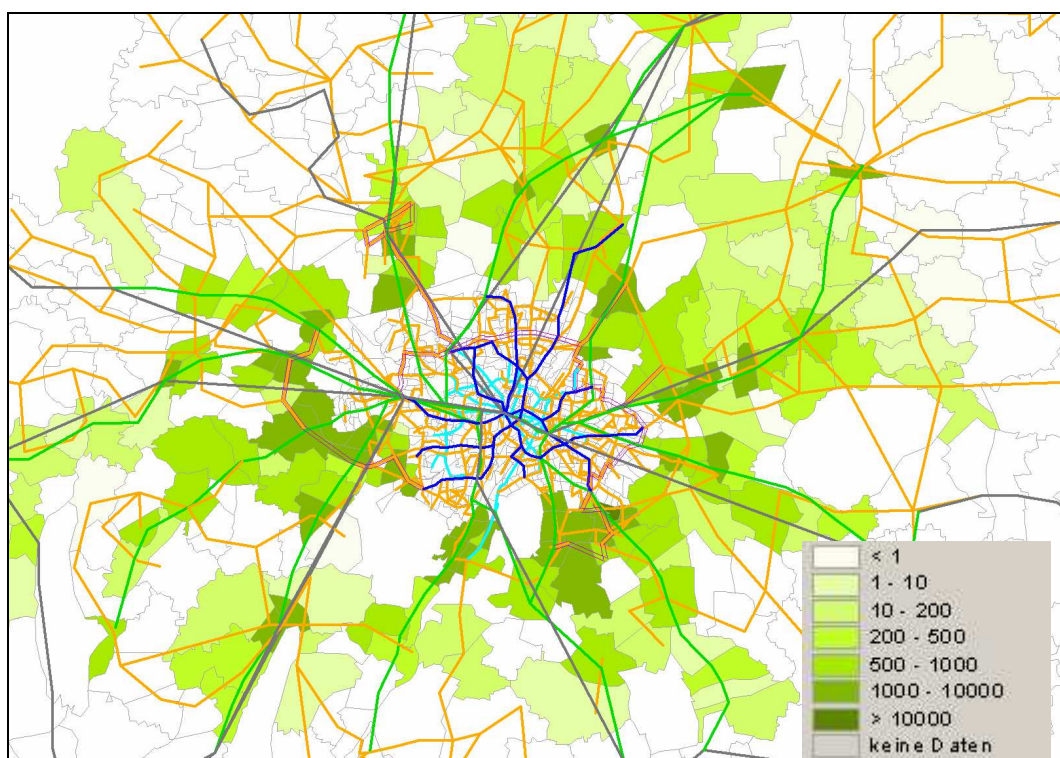


Abb. 6.3-4: Effizienz des Verkehrsmittelwechsels

Die Berechnungen haben folgende Ergebnisse:

- Die dominanten Resultate des Parkraummanagements zeigen sich in allen Grafiken.
- Allenfalls im Landkreis Erding oder in Dachau kann man die zusätzlichen Wirkungen des Zubringerbussystems oder der Stadt-Umland-Bahn erkennen.
- Park-and-Ride sowie Bike-and-Ride haben allenfalls ergänzende Wirkungen (eine politisch-psychologische Wirkung dieser Maßnahmen als Puffer für die Parkraumrestriktionen in der Innenstadt darf aber nicht ausgeschlossen werden).
- Die erhöhte Konzentration der Maßnahmenwirkungen entlang der S-Bahn-Achsen im Szenario „Größerer Umfang“ ist auf die Erhöhung der Systemverfügbarkeit dieses Verkehrsmittels zurückzuführen.
- Weiterhin bleiben die Regionen mit größeren Entfernungen von der Münchener Innenstadt unbeeindruckt. Hier spielt der Fahrzeitunterschied (der sich im viel höheren Widerstand des ÖPNV-Weges ausdrückt) eine viel wichtigere Rolle als in den Zellen im „Speckgürtel“ von München. Hier sind Veränderungen erst bei Einführung hoch verfügbarer schneller Verkehrsmittel zu erwarten.

6.3.2 Kombination bestimmter Maßnahmen

Kombiniert werden die Maßnahmen

- Störfallmanagement und Parkraummanagement,
- Bike-und-Ride/Park-und-Ride.

Diese Maßnahmen wurden beispielhaft herangezogen, um das Zusammenwirken einerseits der wirkungsstärksten Maßnahmen und andererseits der zahlenmäßig schwächsten Maßnahmen darzustellen. Weitere Kombinationsmöglichkeiten wären denkbar gewesen, es hat sich aber gezeigt, dass sich durch die Additivität der Maßnahmen die Wirkungen weitgehend linear verhalten und keine weiteren Erkenntnisse zu erwarten gewesen wären. Wie in Kapitel 6.3.1 erwähnt, beeinflussen sich die einzelnen Maßnahmen nicht negativ und es sind keine überproportionalen Synergieeffekte zu erwarten.

Die Wirkungen der Kombination der oben genannten Maßnahmen werden nachfolgend jeweils mit der Wirkung der Kombination sämtlicher Maßnahmen verglichen.

Effizienz der Kombination Störfallmanagement der S-Bahn und Parkraumbewirtschaftung im Szenario „Größerer Umfang“

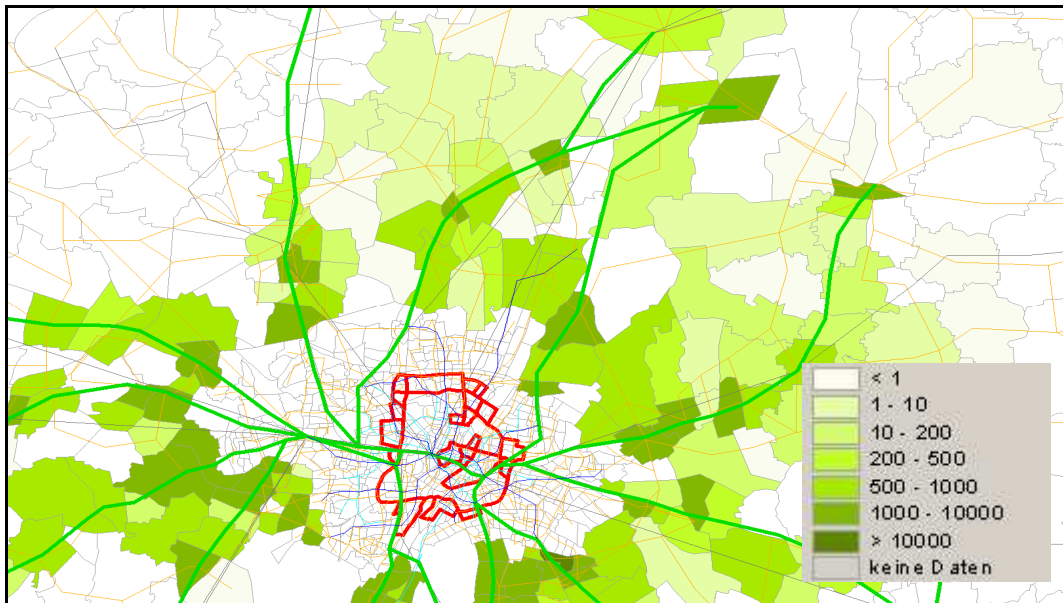


Abb. 6.3-7: Kombination Störfallmanagement und Parkraumbewirtschaftung

Effizienz der Kombination Bike-and-Ride und Park-and-Ride im Szenario „Größerer Umfang“

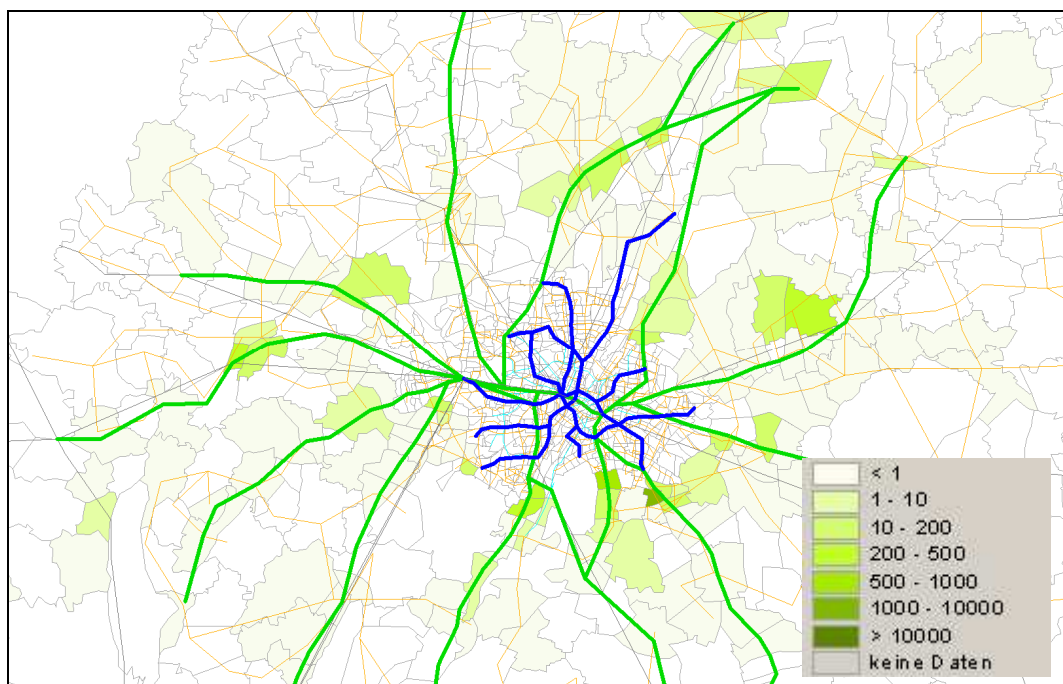


Abb. 6.3-8: Kombination B+R und P+R.

Die Berechnungen haben folgende Ergebnisse:

- Mit 78.159 Umsteigern vom MIV auf den ÖPNV erreicht die Kombination der Maßnahmen Störfallmanagement der S-Bahn und Parkraumbewirtschaftung bereits über 93% der Wirkung, die durch die Kombination aller Maßnahmen erreichbar ist. In der räumlichen Differenzierung sind demgemäß auch kaum Unterschiede zwischen den beiden Szenarien erkennbar. Dieses Ergebnis zeigt einerseits die Dominanz dieser Maßnahmen und andererseits eine sehr starke gegenseitige Verstärkung.
- Genau das Gegenteil lässt sich bei der Kombination aus B+R und P+R feststellen, denn diese beiden Maßnahmen betreffen nicht dieselben Verkehrsteilnehmer und haben deshalb keine sich gegenseitig verstärkenden Wirkungen. Erreicht werden nur geringfügig höhere Umsteigewerte als bei P+R allein: 8.124 Wechsler anstatt 7.726, was einem Mehr von nur 5% entspricht. Das P+R, bei dem derzeit viel umfangreichere Planungen laufen als beim B+R, überlagert also das B+R sehr stark in seiner Wirkung. Allerdings muss man an dieser Stelle auf die Problematik der Berücksichtigung der gebrochenen Verkehre in der Standardisierten Bewertung hinweisen, wie sie auch schon in Kapitel 5 beschrieben wurden.
- Die großflächig bzw. auf langen Strecken wirkenden Maßnahmen sind viel dominanter als punktuell wirkende Maßnahmen. Das Parkraummanagement mit seiner großflächigen Verschlechterung der Parkplatzverfügbarkeit für Ausbildungs- und Berufspendler wirkt sich auf den größten Personenkreis aus und erwirkt damit eine starke Veränderung des ÖPNV-Anteils.
- Das Störfallmanagement der S-Bahn hat durch die Erhöhung der virtuellen Pünktlichkeit und die daraus resultierende Verringerung der Reisezeitäquivalente um 10% auf den längsten und wichtigsten Teilstrecken vom Umland in die Stadt einen höheren Einfluss als die Verringerung des Zugangswiderstandes zu einer Haltestelle.
- Die Maßnahmen der Stadt-Umland-Bahn bestätigen die Erfahrungen des Störfallmanagements. Entlang der Strecke der neuen Schienenverbindung werden vergleichsweise hohe Umsteigerzahlen und Effizienzen erreicht. Da die Stadt-Umland-Bahn aber auf tangentialen Beziehungen abzielt, die eine geringe Anzahl von Fahrten aufweisen, und für die radialen Verbindungen in die Kernstadt häufig Umsteigevorgänge vonnöten sind, ist die Wirksamkeit dieser Maßnahme in weiterer Entfernung vom unmittelbaren Wirkungsort reduziert. Gerade die Umsteigewiderstände gehen sehr stark in die Berechnung der Reisezeitäquivalente ein. Eine Berücksichtigung von „gesicherten Anschlüssen“ wurde zwar bei der Berechnung der Umsteigewartezeit ermöglicht, bei der subjektiven Bewertung eines Umsteigevorgangs (und damit die Unterscheidung nach der Sicherheit des Anschlusses) jedoch nicht.

Unter Mitbetrachtung der aus der Sensitivitätsanalyse des Verfahrens gewonnenen Ergebnisse (Kapitel 5.4) lassen sich damit folgende Schlüsse ziehen:

- Die Formel für die Änderung der Verkehrsmittelwahl berücksichtigt die latent vorhandene MIV-Affinität der einzelnen Individuen relativ gut. Die Ausgangswerte, also die vorhandenen Widerstände bzw. Reisezeitäquivalente, weisen bis auf wenige Ausnahmen durchweg Vorteile für den MIV aus.
- Auf dieser Basis sind spürbare Veränderungen hin zu einer höheren Nutzung des ÖPNV erst bei verhältnismäßigen starken Veränderungen des Widerstandsverhältnisses $W_{\text{MIV}}/W_{\text{ÖPNV}}$ möglich.
- Eine Veränderung dieses Verhältnisses ist wiederum allein durch Verbesserungen im ÖPNV-Bereich schwer möglich. Auf Veränderungen im MIV-Angebot reagiert das Verfahren viel sensibler.
- Im Großen und Ganzen liegen die im Untersuchungsgebiet vorgefundenen Widerstandsverhältnisse in Bereichen, in denen große Veränderungen nur mit einer Verschlechterung der Parkplatzverfügbarkeit für Umlandpendler erreicht werden kann. Ausnahme hiervon sind die S-Bahn-Achsen nah gelegenen Zellen. Hier wirkt sich der große Einfluss der verbesserten Systemverfügbarkeit der S-Bahn aus.
- Es zeigt sich aber auch, dass es durchaus Bereiche gibt, in denen sowohl die erreichbaren Maximalwerte für die Veränderung des Modal Splits als auch die Richtung der Veränderungen äußerst sensibel auf die Änderung der Eingangsgrößen im Nullfall reagieren. Dies gilt besonders in feinmaschigen Netzen, in denen es im Gegensatz zu der hier vereinfachenden Annahme nicht nur einen MIV-Widerstand und nicht nur eine beste Route für den ÖPNV zwischen zwei Zellen gibt.

Dasselbe gilt dementsprechend dann für die Eingangsgrößen im Mitfall, wo zur Unsicherheit der Bewertung der Routen auch die Unsicherheit bei der Bewertung der Maßnahmen hinzukommt.

7 Diskussion der Maßnahmenwirkungen

Beim Vergleich der Ergebnisse kann man erkennen, wie ambitioniert Erwartungen an einige Projekte sind, oder aber auch, wie sehr sie in ihren Wirkungen unterschätzt werden. So können sämtliche Verbesserungen des ÖPNV, die hier untersucht wurden, nicht das erreichen, was das Parkraummanagement bewirken kann.

Mit Hilfe der Größe der Effizienz kann man erkennen, dass Maßnahmen zur Veränderung des Modal Splits in dünn besiedelten Räumen (an den Rändern und in den Zwischenräumen des S-Bahn-Netzes) selber keine Wirkungen zeigen. Untersucht man aber die Wirkungen der Maßnahmen im Zielgebiet, bewahrheitet sich die Erkenntnis, dass aus vielen kleinen Teilwirkungen eine große Gesamtwirkung entsteht.

Im Rahmen von MOBINET und im Vorfeld zur Wirkungsanalyse für den Arbeitsbereich A wurden Überlegungen angestellt, zu berücksichtigen, inwiefern sich spezielle Maßnahmen bei Überlagerung verstärken oder eventuell sogar neutralisieren. Vor allem bei der Diskussion um Park-and-Ride (und in geringerem Maße vielleicht Bike-and-Ride) wird die Gefahr gesehen, dass eine Verbesserung des „Verkehrsmittels“ P+R dazu führt, dass mehr Benutzer der Zubringerbusse auf den PKW umsteigen als dass die PKW-Fahrer (an einem früheren Punkt der Reisekette) auf den ÖPNV umsteigen. In dieser Arbeit konnte aber nur gezeigt werden, dass sich Maßnahmen, die an denselben Orten ansetzen (wie zum Beispiel B+R und P+R), teilweise verstärken. Konkurrierende Wirkungen konnten nicht nachgewiesen werden – dafür sind das Verfahren und die Datengrundlage nicht differenziert genug.

So konnte beim Park-and-Ride nur die Tatsache, dass die Entgelterhebung als eine Maßnahme zur Steuerung der Nachfrage auf P+R-Plätzen positiv zur Erhöhung der Parkplatzverfügbarkeit und damit zur Verringerung des Stationswiderstands der Haltestelle beiträgt, berücksichtigt werden.

Beim Bike-and-Ride ist ebenfalls anzuzweifeln, ob eine Berücksichtigung der erhöhten Qualität der Abstellanlagen allein ausreicht, um einen steigenden ÖPNV-Anteil zu erwirken. Es mag sein, dass die hier errechneten Werte in einem vernünftigen Verhältnis zumindest zu denen des Park-and-Ride stehen. Es bleibt aber festzustellen, dass diese Ergebnisse zwar einen Beitrag zum Gesamtergebnis liefern, und räumlich gesehen auch da, wo sie das GIS lokalisiert hat. Die Daseinsberechtigung ergibt sich jedoch aus der generellen Verpflichtung von Aufgabenträgern und Betreibern, im Hinblick auf das Image des ÖPNV als einem unflexiblen Verkehrssystem dafür zu sorgen, dass zumindest der Zugang zu diesem System flexibler (oder eben individueller) wird.

Bei der Stadt-Umland-Bahn stellt sich das Problem, dass die Maßnahmen nur auf eine vorhandene Struktur aufgesetzt werden. Das Verfahren berücksichtigt (definitionsgemäß) keine langfristigen Änderungen der Siedlungsstruktur. Darauf baut aber die Stadt-Umland-Bahn. Sie leistet zur gesamten, insbesondere stadttangentialen Verkehrsentwicklung einen Beitrag, der prinzipiell, wenn auch nicht in seiner Dimension, mit dem der S-Bahn vergleichbar ist. Bei der derzeit noch vorhandenen Siedlungsstruktur kann die Effizienz dieser Maßnahme eigentlich noch nicht genügend genau abgesehen werden. Dennoch kann eine gesteigerte Effi-

zienz in Zukunft vermutet werden, weil die Wahrscheinlichkeit einer stärkeren Besiedlung des kernstadtnahen Umlandes, z. B. in den S-Bahn-Zwischenräumen, sehr hoch ist und sich auch schon beim Ausbau des S-Bahn-Systems in den 70er Jahren dessen die Siedlungsstruktur beeinflussende Wirkung gezeigt hat.

Bei den Verbesserungen im Bus-Zubringerverkehr muss das standardisierte Verfahren die Effekte außer Acht lassen, die neben den verbesserten Bedingungen für den Fahrgast entstehen: Durch die entwickelten verbesserte Methoden der Planung und den Wettbewerb unter den Leistungserbringern sind erhebliche Einsparungen möglich. Damit ist – wie im Landkreis Erding nachgewiesen wurde – in den Szenarien ein erheblich verbesserter und damit attraktiverer Bus-Zubringerverkehr größenordnungsmäßig zu etwa gleichen Kosten zu realisieren wie sie im Nullfall anfallen. Dass dies in Zeiten knapper Kassen auch im Hinblick auf die soziale Daseinsvorsorge vor Ort ein nicht zu vernachlässigender (politischer) Aspekt ist, kann in dieser Arbeit ebenfalls nicht abgebildet werden.

Die Verbesserungen bei der S-Bahn und die Restriktionen im Parkraum zeigen in diesem Verfahren die deutlichsten Wirkungen im ÖPNV. Diese beiden Maßnahmen setzen demnach an den beiden wichtigsten Bereichen auf der Beziehung Umland – Innenstadt an, dem Weg und dem Ziel.

Die S-Bahn ist die einzige wirkliche Alternative zum Auto auf den radialen Verbindungen in die Stadt hinein. Wenn sie gefördert wird, wird sie vermehrt Pendler aufnehmen können, die vom MIV zum ÖV wechseln. Dies zeigen bereits erste Untersuchungen der S-Bahn München GmbH nach Einführung des 10-Minuten-Taktes auf einigen S-Bahn-Abschnitten.

Für Pendler, die durch das verbesserte Angebot der S-Bahn nicht zum Wechsel bewegt werden können, wurde das Parkraummanagement als restriktiver Maßnahme für den MIV das wirksamste Mittel überhaupt für eine Veränderung des Modal-Splits eingeführt. Die in diesem Verfahren erzeugten Widerstände für den MIV bilden die realen Widerstände des kostenpflichtigen Parkens bei eventuell verlängerten Fußwegen zum Ziel sehr gut ab. Wie anfangs erwähnt, erweist sich die Parkraumbewirtschaftung als unerlässliche Maßnahme im Rahmen eines Gesamtkonzeptes zur Attraktivierung des ÖPNV auf der Achse Umland – Innenstadt.

Die Untersuchung hat u.a. folgende Ergebnisse:

- Das System reagiert träge auf Veränderungen der Widerstandsverhältnisse zwischen MIV und ÖPNV. Es sind deshalb Maßnahmen mit hoher Wirksamkeit erforderlich, um deutliche Veränderungen des Modal-Splits zugunsten des ÖPNV zu erreichen. Erst in feinmaschigen Netzen haben auch weniger durchschlagende Maßnahmen kleinräumige Wirkungen. Bei größeren Entfernungen zur Innenstadt ist dieser Effekt noch größer als im näheren Umland.
- Eine Veränderung der Verkehrsmittelwahl ist nur durch die gleichzeitige Wirkung angebotseinschränkender Maßnahmen im MIV und angebotsverbessernder Maßnahmen im ÖPNV möglich. Diese Erkenntnis, die sich in Fachkreisen inzwischen durchgesetzt hat, aber in der Politik noch nicht überall wahrgenommen wird, deckt sich u.a. mit empirischen Untersuchungen, die STÖVEKEN am Beispiel der Münchener Stadtrandsiedlung Perlach im Jahre 1988 durchgeführt hat.

- Ein phänomenologisch arbeitendes und nur auf einem mittleren Verhalten basierendes Modal-Split-Modell, wie das in der Standardisierten Bewertung verwendete, ist kein allseits befriedigendes Verfahren, um die Wirkungen der verschiedenen Maßnahmen auf die Verkehrsmittelwahl nachzuweisen. Die Vielzahl der Parameter, die nicht kausal erklärt, sondern nur mit Hilfe einer Kalibrierung anhand von Anwendungsfällen gewonnen werden, sind Zeichen einer gewissen Willkür. Sie sind so gebildet worden, dass sie den vorhandenen Zustand möglichst gut widerspiegeln, verlieren damit aber ihre Fähigkeit für die Prognose. Andere Modal-Split-Modelle, die in stärkerem Maße nach Personengruppen unterschiedlicher soziodemografischer Merkmale differenzieren, kausal operieren und die Kriterien, nach denen der Einzelne seine Verkehrsmittelentscheidung trifft, genauer nachbilden, erfordern Daten, die nur mit Hilfe aufwendiger Befragungen gewonnen werden können und für eine so umfassende Untersuchung wie die hier vorliegende nicht verfügbar sind. Das Modal-Split-Modell, das in der Standardisierten Bewertung Verwendung findet, ist deshalb, wenn auch ein unbefriedigendes, so doch das unter den vorliegenden Randbedingungen bestmögliche Instrument zur großflächigen Untersuchung von Maßnahmen zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl.
- Die dominierende Maßnahme zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl der Berufspendler aus dem Umland in die Kernstadt ist die Parkraumbewirtschaftung im Inneren der Kernstadt. Die Verbesserungen im ÖPNV können demgegenüber eher als assistierende Maßnahmen, die den durch die Parkraumbewirtschaftung ausgelösten Umstieg erleichtern, angesehen werden. Hierbei spielt die Verbesserung der Qualität der S-Bahn eine deutlich größere Rolle als die Verbesserung der Qualität der Zubringerverkehrsmittel zur S-Bahn. Die Einführung einer Stadt-Umland-Bahn steht dazwischen: Sie ist im Hinblick auf die Verbindung zwischen Umland und Kernstadt einerseits eine Ergänzung der S-Bahn dort, wo die Einrichtung einer S-Bahn wirtschaftlich nicht mehr zu vertreten ist und die Stadt-Umland-Bahn Zwischenachsen bildet, und andererseits ein Zubringerverkehrsmittel aus den Räumen zwischen den S-Bahn-Achsen zur S-Bahn. Damit ergibt sich eine eindeutige Rangfolge in der Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl zugunsten des ÖPNV: Parkraumbewirtschaftung (hierzu gehört wohl auch die Bewirtschaftung von Park-and-Ride-Anlagen) – Verbesserung der Qualität der S-Bahn mit Ergänzung durch die Stadt-Umland-Bahn – Angebotsverbesserung bei Bus-Zubringern, Park-and-Ride und Bike-and-Ride. Eine Verbesserung der Zubringer-Verkehrsmittel Bus, Park-and-Ride und Bike-and-Ride wirken naturgemäß nicht global, sondern nur lokal in den Bereichen, in denen diese Maßnahmen stattfinden.
- Der große Einfluss der S-Bahn auf die Ergebnisse des Verfahrens zeigt auf, dass die Verfügbarkeit eines Verkehrsmittels eine sehr große Rolle spielt. Zur Verfügbarkeit gehören demnach nicht nur die Fahrtenhäufigkeit, sondern auch die Regelmäßigkeit und (Anschluss-)Sicherheit einer Verbindung. Inwieweit auch das Thema „Information über das ÖPNV-Angebot“ zwischen zwei Zellen den Modal-Split beeinflusst, kann hier nicht hergeleitet werden. Es ist jedoch zu vermuten, dass im heutigen Informationszeitalter nicht nur reine Fahrplanauskünfte, sondern Verbindungsauskünfte mit Echtzeitdaten die Verfügbarkeit eines Verkehrsmittels (wenn auch nur subjektiv) deutlich erhöhen werden.

Mit dem Ausbau der Stammstrecke wird eine Erhöhung der Fahrtenhäufigkeit auf den am stärksten überlasteten Linien möglich. Allerdings besteht dann hier wegen der sehr dichten Zugfolge zunehmend die Gefahr von Störungen bereits bei kleinen Unregelmäßigkeiten. Erst der Bau einer zweiten Stammstrecke erlaubt es, die Fahrtenhäufigkeit ohne größere technische Probleme an die Nachfrage anzupassen. Aus diesem Grund sind Umsetzung und Einführung des Störfallmanagements wichtige Voraussetzungen zur Entspannung der Verkehrssituation in der Region München. Die Einführung dieses Verfahrens ermöglicht auch eine Verbesserung der Fahrgastinformation. Im Übrigen ist das Störfallmanagement ein wichtiger Baustein für den Weg der S-Bahn in die telematische Zukunft.

- Da die Berufspendler aus dem Umland i.d.R. nicht fußläufig zur S-Bahn wohnen, benötigen sie attraktive Zubringer-Verkehrsmittel:
 - Grundsätzlich ist das B+R das umweltschonendste und preisgünstigste Verkehrsmittel, um in die Kernstadt zu gelangen. Der Benutzung von B+R sind aber durch zu große Entfernung zur S-Bahn, Wetterempfindlichkeit und mangelnde körperliche Leistungsfähigkeit, aber auch durch mangelnde Lust am Fahrradfahren enge Grenzen gesetzt. Dennoch sollte man aus oben genannten Gründen die B+R-Anlagen entlang der S-Bahn-Achsen ausbauen, zumal dies meist kostengünstig möglich ist.
 - Beim Park-and-Ride sind zwei Ansätze sinnvoll: Einerseits die Einrichtung neuer Anlagen zur Erleichterung des Umstiegs vom IV auf den ÖPNV, andererseits die Bewirtschaftung dieser Anlagen zur Steuerung des Umstiegs, d. h. zur Reduzierung des IV-Anteils an einer Fahrt. Außerdem vermag eine Bewirtschaftung von Park-and-Ride-Anlagen den befürchteten Umstieg vom Zubringerbus auf den eigenen PKW zu verhindern.
P+R hat innerhalb des Spektrums der Verkehrsmittel heute zahlenmäßig noch eine untergeordnete Bedeutung. Diese Bedeutung wird aber in dem Maße steigen, wie die Parkraumbewirtschaftung innerhalb der Kernstadt ausgedehnt wird. Die Bereitstellung einer ausreichenden Anzahl von Stellplätzen ist Voraussetzung, dass die Parkraumbewirtschaftung nicht nur von den Bewohnern des betroffenen Gebietes, sondern auch von den dort arbeitenden Pendlern aus dem Umland akzeptiert wird. Für die Planung entsprechender Verbesserungsmaßnahmen bei P+R hat MOBINET mit dem Standortoptimierungsverfahren und dem System der Entgelterhebung wirksame Instrumente bereitgestellt.
 - Wenn man berücksichtigt, dass durch Flexible Betriebsweisen, verbesserte Methoden der Planung und den Wettbewerb unter den Leistungserbringern erhebliche Einsparungen möglich sind, ist ein verbesserter Bus-Zubringerverkehr größenordnungsmäßig zu gleichen Kosten zu realisieren wie sie bereits bei dem heutigen Angebot anfallen. Eine Verbesserung des Bus-Zubringerverkehrs eröffnet auch die Möglichkeit, dass es zu einem Wechsel von P+R zur Busbenutzung kommt und der Ausbau des P+R-Angebots begrenzter erfolgen kann. Dieser Wechsel, der häufig den Zweitwagen erspart, wird von den Pendlern angesichts der absehbaren zunehmenden finanziellen Probleme der privaten Haushalte sicher eher in Betracht gezogen als bei immer weiter steigendem Wohlstand. Solche Maßnahmen liegen aber nicht im Zuständigkeitsbe-

reich der Landeshauptstadt München sondern in der Zuständigkeit der Landkreise. Hier könnten sowohl die Regionalplanung als auch der MVV eine Mittlerrolle spielen.

- Die Stadt-Umland-Bahn steht hinter den anderen Projekten etwas im Hintergrund, weil es sich hierbei um eine längerfristige Großinvestitionsmaßnahme handelt. Dennoch sollte das Projekt im Auge behalten werden, weil die Wahrscheinlichkeit für eine stärkere Besiedlung des kernstadtnahen Umlandes sehr hoch ist. Die Stadt-Umland-Bahn würde dann zur gesamten Verkehrsentwicklung einen Beitrag leisten, der prinzipiell, wenn auch nicht in seiner Dimension, mit der S-Bahn vergleichbar ist.

Ziel einer Untersuchung wie der vorliegenden ist es, Argumente und wissenschaftliche Belege zu liefern, um politische Entscheidungen über Maßnahmen zur Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl treffen zu können. Das erzielte sachliche Ergebnis und die angetroffenen methodischen Probleme sollten Anlass sein, nach einem anderen Weg zu suchen, um Entscheidungshilfen für die vorhandene Thematik bereitzustellen.

Angesichts der Dominanz der Parkraumbewirtschaftung, die bei Flächendeckung und intensiver Kontrolle keine andere Wahl lässt, als öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen, stellt sich die Frage, welche Qualität das ÖPNV-Angebot haben muss, damit dieser erzwungene Prozess der ÖPNV-Benutzung möglichst widerspruchlos abläuft.

Bei der Einführung einer Parkraumbewirtschaftung kann durch Befragungen des Vorher-/Nachher-Verhaltens geklärt werden, wie die Umlandpendler auf die Parkraumbewirtschaftung in Abhängigkeit vom jeweils für sie vorhandenen ÖPNV-Angebot reagiert haben und welche Mängel im ÖPNV-Angebot ihnen dabei in welchem Maße zu schaffen gemacht haben. Dabei stehen Kriterien wie Zeitaufwand, Kosten und Bequemlichkeit im Vordergrund. Auf diese Weise gewinnt die Politik Informationen, wie streng die Parkraumbewirtschaftung ausgelegt werden muss, um einen ausreichenden Modal-Split-Effekt zu erreichen, welche Härtefälle dabei auftreten und wie die unterstützenden Maßnahmen, einer Verbesserung des ÖPNV-Angebots aussehen müssen, um den öffentlichen Vorteil und den individuellen Nachteil einer Änderung der Verkehrsmittelbenutzung in ein vertretbares Verhältnis zu bringen.

Literaturverzeichnis

Axhausen, K. W.:

Hinweise zur Messung von Präferenzstrukturen – die Methoden der „Stated Preferences“, mit Beiträgen von W. Bogner, M. Herry, H. Verron, H. Volkmar und W. Wichmann, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 1995

Baier, R.:

Auswirkungen des Anwohnerparkens, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe „Verkehrstechnik“, Heft V 39, April 1997

Baier, R.:

Gesamtwirkungsanalyse zur Parkraumbewirtschaftung, Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Unterreihe „Verkehrstechnik“, Heft V 75, Juli 2000

Bobinger, R.:

Modellierung der Verkehrsnachfrage bei preispolitischen Maßnahmen, Dissertation, Veröffentlichungen des Fachgebiets Verkehrstechnik und Verkehrsplanung, TU München, 2001

Braun, J., Wermuth, M.:

VPS 3 – Konzept und Programmsystem eines analytischen Gesamtverkehrsmodells, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrswesen der TU München, Heft 6, 1973

Braun, J.:

Adaptive Ermittlung kürzester Routen in Verkehrswegenetzen, Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrswesen der TU München, Heft 15, 1980

Braun, J.:

Programmbeschreibung WWAHL, unveröffentlichtes Arbeitshandbuch, Lehrstuhl f. Verkehrs- und Stadtplanung der TU München, Version vom 7.4.1999

Brilon, W., Dette, H.:

A Multiplicative Concept for Random Utility, Arbeitsblätter Lehrstuhl für Verkehrswesen, Ruhr-Universität Bochum, Nr. 22, Dezember 2001

Frewein, M., Seebauer, S.:

Modelle zur Beschreibung der Verkehrsmittelwahl, Seminararbeit „Soziale Technik“, TU Graz, 2003

Friedrich, M., Vortisch, P.:

Verfahren zur dynamischen Verkehrsumlegung – Ein methodischer Überblick, in: Straßenverkehrstechnik, 2005, Heft 3, S. 128ff.

Gaudry, M.J.I. & Dagenais, M.G.:

The DOGIT Model, Cahiers de recherche 7708, Université de Montréal, Département de sciences économiques

Hauenstein, A. und Wehner, P.:

Störfallmanagement in Schnellbahnsystemen – Steuerungs- und Dispositionsverfahren SALTOS, Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrs- und Stadtplanung der TU München, Heft 12, Februar 2002

Heimerl, G. et al.:

Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des ÖPNV und Folgekostenrechnung Version 2000, erstellt im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen

Höhnberg, G.:

Empirie-basiertes Entwurfsverfahren für die Parkraumbewirtschaftung in innenstadtnahen Mischgebieten, Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrs- und Stadtplanung der TU München, Heft 16, Dezember 2002

Hümpfner, S.:

Entwicklung eines Verfahrens zur Standortoptimierung von Park-and-Ride-Anlagen, Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrs- und Stadtplanung der TU München, Heft 15, November 2002

Kirchhoff, P.:

Städtische Verkehrsplanung, Verlag B. G. Teubner, 2002

Kutter, E., Holzapfel, H., Martens, G.:

Ermittlung von Variablen und Parametern möglicher Gesamtmodelle für Verkehrsanalyse und Verkehrsprognose auf der Grundlage der amtlichen Statistik, Forschungsbericht, Schriftenreihe „Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik“, Heft 339, 1981

Schaechterle, Kh., Braun, J., Maerschalk, G., Wagner, Hg., Wermuth, M.:

Überschlägige Methode zur Ermittlung der Verkehrsbelastung durch werktäglichen Normalverkehr ohne Verkehrsbefragung, Projektbericht, Institut für Verkehrsplanung und Verkehrswesen der TU München, im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Abt. Straßenbau, 1974

Scheiner, J.:

Bewertungsverfahren in der Verkehrsplanung, Raum und Mobilität – Arbeitspapiere des Fachgebiets Verkehrswesen und Verkehrsplanung, Universität Dortmund, 2003

Stöveken, P.:

Empirische Untersuchung über die Veränderung des Modal-Split, Projektbericht, Lehrstuhl für Verkehrs- und Stadtplanung der TU München, im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, 1988

Steierwald, M.:

Verkehrsmittelwahl – Versuch einer Synthese, Diplomarbeit, Institut für Verkehrswesen, TU Karlsruhe, 1988

Wilhelm, S.:

Planungsinstrumente für flexible Betriebsweisen im ÖPNV des ländlichen Raums, Schriftenreihe des Lehrstuhls für Verkehrs- und Stadtplanung der TU München, Heft 13, August 2002.

Glossar

(m)	Index für den Mit-Fall
(o)	Index für den Ohne-/Nullfall
A_i	Fläche der Zelle i
ArcView	Geoinformationssystem der Fa. ESRI
AST	Anrufsammeltaxi
B+R	Bike-and-Ride
B_M	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Mittlere Bedienungshäufigkeit auf einer Verbindung
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technik (jetzt BMBF)
δ	Parameter zur Beschreibung des Verhaltens gegenüber dem Widerstand w
$E_{j,i}$	Effizienz der Maßnahmenwirkung für die Kernstadt (j) aus der Zelle i
F_{ges}	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Gesamtanzahl der Fahrten (auf einer Verbindung)
$F_{i,j,\text{MIV}}$	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Anzahl der MIV-Fahrten auf der Verbindung $i \rightarrow j$
$F_{i,j,\text{verl}}$	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Anzahl der vom MIV auf den ÖPNV verlagerten Fahrten (auf einer Verbindung); auch: $\Delta F_{i,j,\text{ÖPNV}}$
g	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Gewicht (Parameter)
GerUmf	Geringerer Umfang (Szenarienbezeichnung für die "nähere Zukunft")
GIS	Geoinformationssystem
GKR	Abkürzung für die in der Modal-Split-Änderungsformel verwendete "Grundkomponente des Reisezeitäquivalenzwertes"

GrUmf	Größerer Umfang (Szenarienbezeichnung für das "visionäre" Szenario)
HVZ	Hauptverkehrszeit
INRA	Verkehrszellen innerhalb des Mittleren Rings in München (im Gegensatz zu AURA - Gebiete außerhalb des Mittleren Rings)
IV	Individualverkehr
k	Index der Verkehrsmittel 1...m...n
m	betrachtetes Verkehrsmittel m
MATLAB	Mathematisches Berechnungsverfahren, hier vor allem zur Bearbeitung von Verkehrsbeziehungs- und Widerstandsmatrizen verwendet.
MIV	motorisierter Individualverkehr
MOBINET	vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziertes Projekt im Großraum München (im Rahmen des Gesamtprojekts "Mobilität in Ballungsräumen")
MVV	Münchener Verkehrs- und Tarifverbund
NVZ	Normalverkehrszeit
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr, in der Standardisierten Bewertung verwendet für ÖPNV
P+R	Park-and-Ride
p_{ijm}	Wahrscheinlichkeit für die Wahl des Verkehrsmittels m auf der Verbindung $i \rightarrow j$
R	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Reisezeitäquivalenzwert
$r_{1...n}$	Routen 1 bis n
RBL	Rechnergestütztes (auch: -gesteuertes) Betriebsleitsystem
$r_{TW,abs}$	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Absoluter Zeitaufschlag auf den Reisezeitäquivalenzwert, errechnet sich aus dem subjektiven Komfort des Verkehrsmittels auf dem Teilweg TW

$r_{TW,rel}$	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Relativer Zeitaufschlag auf den Reisezeitäquivalenzwert, errechnet sich aus dem subjektiven Komfort des Verkehrsmittels auf dem Teilweg TW
SALTOS	Solution for Advanced Local Train Operation Systems - Steuerungs- und Dispositionsverfahren für das Störfallmanagement in Schnellbahnsystemen
SOV	Standortoptimierungsverfahren
SPNV	Schienenpersonennahverkehr
SUB	Stadt-Umland-Bahn
SV_{ij}	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Systemverfügbarkeit des Verkehrsmittels auf der Verbindung $i \rightarrow j$
t	Reisezeit
t_{FF}	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Fahrtenfolgezeit
$T_{ij,MIV}$	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Reisezeit im MIV (inkl. Fußwege von und zum Parkplatz) auf der Verbindung $i \rightarrow j$
TW	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Bezeichnung für einen Teilweg einer Verbindung
u_{ijk}	Nutzen eines Weges von i nach j mit dem Verkehrsmittel k
u_{ijm}	Nutzen eines Weges von i nach j mit dem Verkehrsmittel m
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
V_P	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Parkplatzverfügbarkeit
$w_{ij,Vm}$	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Widerstand auf der Strecke $i \rightarrow j$ mit Verkehrsmittel Vm
W_{IV}	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Widerstandswert für die ÖPNV-Verbindung (auch W_{MIV})
w_k	Widerstand auf dem Verkehrsmittel k

w_m	Widerstand auf dem Verkehrsmittel m
W_{MIV}	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Widerstandswert für die ÖPNV-Verbindung (auch W_{IV})
$W_{ÖPNV}$	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Widerstandswert für die ÖPNV-Verbindung (auch $W_{ÖV}$)
$W_{ÖV}$	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Widerstandswert für die ÖPNV-Verbindung (auch $W_{ÖPNV}$)
WWAHL	Rechenprogramm zur Abbildung der Routenwahl
α	Parameter für die Zeitempfindlichkeit der Verkehrsteilnehmer
$\Delta a_{i,j,ÖV}$	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Veränderung des Modal-Split-Anteils des ÖPNV auf der Verbindung $i \rightarrow j$
$\Delta F_{i,j,ÖPNV}$	In der Modal-Split-Änderungsformel der Standardisierten Bewertung: Anzahl der vom MIV auf den ÖPNV verlagerten Fahrten (auf einer Verbindung); auch: $F_{i,j,verl}$