

**Verkehr in Ballungsräumen**  
**Optionen für eine effizientere und**  
**umweltverträglichere Gestaltung**

**G. Halbritter, R. Bräutigam, T. Fleischer,  
E. Fulda, D. Georgiewa, S. Klein-Vielhauer,  
Ch. Kupsch**

**Institut für Technikfolgenabschätzung  
und Systemanalyse**

**November 2001**

---



# **Forschungszentrum Karlsruhe**

Technik und Umwelt

Wissenschaftliche Berichte

FZKA 6678

## **Verkehr in Ballungsräumen Optionen für eine effizientere und umweltverträglichere Gestaltung**

Günter Halbritter, Rainer Bräutigam, Torsten Fleischer, Ekkehard Fulda,  
Daniela Georgiewa, Sigrid Klein-Vielhauer, Christel Kupsch

Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

2001

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 19 K 9711 5 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt allein beim Autor.

**Als Manuskript gedruckt**  
**Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor**  
**Forschungszentrum Karlsruhe GmbH**  
**Postfach 3640, 76021 Karlsruhe**  
**Mitglied der Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft**  
**Deutscher Forschungszentren (HGF)**  
**ISSN 0947-8620**

## Zusammenfassung

Untersuchungsgegenstand dieser Studie sind neue verkehrstechnische Konzepte im Ballungsraumverkehr unter besonderer Berücksichtigung der **Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken)**, auch **Verkehrs-Telematik** genannt. Neue Techniken und Dienste wurden im Rahmen von Fallstudienauswertungen und Simulationsrechnungen für die Bedingungen des Modellballungsraums München untersucht. Insbesondere die aus der Auswertung US-amerikanischer Projekte gewonnenen Erfahrungen weisen auf die erheblichen Effizienzpotenziale neuer Techniken und Dienste hin. Diese Potenziale lassen sich jedoch nur durch ein *straffes Innovationsmanagement* erschließen. Auch die Simulationsrechnungen bestätigen, dass die Nutzung neuer Dienste, wie z.B. *individueller dynamischer Leitsysteme*, erhebliche Reisezeitvorteile für die mit solchen Systemen ausgestatteten Verkehrsteilnehmer erbringt. Diese individuellen Vorteile sind darüber hinaus mit Effizienzgewinnen für das gesamte Straßenverkehrssystem verbunden. Die Nutzung dieser Systeme kann jedoch erhebliche Auswirkungen auf die Durchsetzung kommunaler Verkehrskonzepte, wie die Ausweisung von Vorrangstraßen und die Einrichtung verkehrsberuhigter Zonen, haben. Ein bemerkenswertes Ergebnis der Simulationsrechnungen ist, dass *einfache organisatorische Maßnahmen*, wie die Spreizung des Zeitfensters für den morgendlichen Berufsverkehr oder die Erhöhung der Besetzungszahl durch Mitfahrgemeinschaften für das Gesamtsystem Straßenverkehr, d.h. für alle Verkehrsteilnehmer, zumindest ebenso große, teilweise sogar erheblich größere Reisezeitgewinne ergeben als der umfassende Einsatz individueller dynamischer Zielführungssysteme.

## Traffic in Metropolitan Areas - Options for More Efficient and Environmentally Sounder Transport Systems

### Abstract

Subject of the project are new transportation concepts in metropolitan areas, with specific respect to new information and communication technologies, so-called Intelligent Transportation Systems (ITS). The deployment of new technologies and services was investigated within the framework of case studies and of model calculations for the specific conditions of the Munich metropolitan area. Especially experiences from US projects on ITS deployment show remarkable potentials of these technologies and services to improve the efficiency of the road transport system. However, these potentials can only be realized by a systematic management of these innovative systems. The model calculations show, that using new services, as for example individual dynamic route guidance systems, will yield to remarkable travel time advantages for those cars, which are equipped with these systems. These individual advantages will also bring efficiency gains for the whole road traffic system. However, deploying these systems can also have severe impacts on traffic concepts of local authorities, for example establishing main roads, arterial roads or traffic-free areas. Another important result of the model calculations refers to the fact, that simple organizational measures, as spreading the time window for commuter traffic in the morning or increasing the occupancy rate of the cars will yield to the same or even much larger shortages in travel time for the whole traffic system than the usage of individual route guidance systems by a large number of drivers.

# INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort.....	1
Kurzfassung .....	3
<b>1 Einführung in die Untersuchungsthematik.....</b>	<b>11</b>
1.1 Zur Zielsetzung und Vorgehensweise.....	11
1.2 Zum Aufbau der Studie .....	16
<b>2 Stand und Entwicklungstendenzen ausgewählter Telematikdienste.....</b>	<b>19</b>
<b>3 Fallstudien zum Einsatz neuer Techniken und Dienste im Ballungsraumverkehr .</b>	<b>25</b>
3.1 Einsatz von IuK-Techniken zur Verbesserung der Verkehrsinformation und zur aktiven Verkehrsablaufsteuerung in Ballungsräumen (Option 1 und Option 2) .....	26
3.1.1 <i>Erfahrungen aus US-amerikanischen Modellprojekten</i> .....	26
3.1.2 <i>Gestaltungsmöglichkeiten von Telematik-Techniken und -Diensten unter       Berücksichtigung der Situation in deutschen Ballungsräumen</i> .....	36
3.2 Mobilitätsmanagement durch verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr und neue Formen eines „kooperativen Individualverkehrs“ (Option 3).....	42
3.2.1 <i>Fallbeispiel eines attraktiv gestalteten öffentlichen Verkehrs</i> .....	43
3.2.2 <i>Fallbeispiele für neue Konzepte im motorisierten Individualverkehr</i> .....	43
3.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	49
<b>4 Überblick zur räumlichen und verkehrlichen Struktur deutscher Ballungsräume .</b>	<b>55</b>
<b>5 Simulationsrechnungen zum Einsatz neuer Techniken und Dienste im   Ballungsraumverkehr .....</b>	<b>61</b>
5.1 Zur Situation des Modellballungsraumes München .....	62
5.2 Simulationsrechnungen zum morgendlichen Berufsverkehr im Modellballungsraum München .....	72
5.2.1 <i>Einsatz von IuK-Techniken für verbesserte Leitempfehlungen (Fall „veränderte       Routenwahl im morgendlichen Berufsverkehr“)</i> .....	72
5.2.2 <i>Simulationsrechnungen für den Fall „veränderte Zeitwahl im morgendlichen       Berufsverkehr“</i> .....	78
5.2.3 <i>Simulationsrechnungen für den Fall „Bildung von Mitfahrgemeinschaften im       morgendlichen Berufsverkehr“</i> .....	78
5.3 Simulationsrechnungen zum „Telematikeinsatz im Urlaubsverkehr an einem ausgewählten Werktag in der Ferienzeit“ für den Modellballungsraum München .....	83
5.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	93
<b>6 Neue Konzepte für den Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen .....</b>	<b>99</b>
<b>7 Zur Auswirkung neuer Emissionsminderungstechniken bei Kraftfahrzeugen   auf die zukünftige Immissionsentwicklung in Ballungsräumen .....</b>	<b>107</b>

<b>8 Zur Eignung verkehrswissenschaftlicher Bewertungsverfahren für Technikfolgenabschätzungen neuer IuK-Techniken und Dienste im Verkehrsbereich.....</b>	<b>115</b>
8.1 Inhaltliche und methodische Grundcharakteristika sowie Aspekte des Ablaufs von Planung und politischer Entscheidung .....	116
8.1.1 <i>BVWP '92</i> .....	116
8.1.2 <i>BVWP – modernisiert</i> .....	122
8.1.3 <i>Verbesserungsvorschläge zur BVWP – UBA 1999</i> .....	127
8.2 Wertansatz und Gesamtbewertung am Beispiel Luftschadstoffe und Klimagase ....	134
8.2.1 <i>BVWP '92</i> .....	134
8.2.2 <i>BVWP – modernisiert</i> .....	136
8.2.3 <i>Verbesserungsvorschläge zur BVWP – UBA 1999</i> .....	137
8.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	140
Literaturverzeichnis.....	143
Anhang A Arbeitsberichte zum Vorhaben .....	147
Anhang B Glossar.....	149
Anhang C Überblick über die deutschen Ballungsräume.....	151

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Zentrale Elemente der „nationalen Architektur“ .....	29
Tabelle 2: Metropolitan Model Deployment Initiative - Übersicht über die Projekte in den vier Modellballungsräumen .....	31
Tabelle 3: Metropolitan Model Deployment Initiative - Übersicht über die in den jeweiligen Modellballungsräumen existierenden Telematikanwendungen .....	32
Tabelle 4: Finanzielle Förderung von ITS-Aktivitäten im Rahmen von TEA 21 .....	34
Tabelle 5: Mögliche Akteure eines regionalen Verkehrsmanagements .....	38
Tabelle 6: Mittlere Besetzungszahlen der Fahrzeuge im Individualverkehr der Region München nach Daten des Stadtplanungsamtes München .....	56
Tabelle 7: Vergleich des Verkehrsaufkommens in der Region München nach Erhebungen des Stadtplanungsamtes München für 1994 und der Matrix 97 für 1997 .....	64
Tabelle 8: Vergleich des tatsächlichen Verkehrsaufkommens und der errechneten Werte für einen mittleren Werktag an ausgewählten Verkehrsknoten- punkten des äußeren Bereichs Münchens.....	70
Tabelle 9: Vergleich des tatsächlichen Verkehrsaufkommens und der errechneten Werte für ausgewählte Verkehrsknotenpunkte der Münchener Innenstadt .....	71
Tabelle 10: Einfluss der Routenwahl auf die Reiseweite und Reisezeit im unbelasteten und belasteten Verkehrsnetz bei vorgegebener Quell-Ziel-Beziehung im Modellballungsraum München.....	74
Tabelle 11: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge der Berufspendler mit individuellen, dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit dieser Berufspendler .....	77
Tabelle 12: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge der Berufspendler mit individuellen, dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit aller Berufspendler .....	77
Tabelle 13: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge der Berufspendler mit individuellen, dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit der Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer .....	77
Tabelle 14: Mittlere Reiseweite, Reisezeit und Geschwindigkeit für verschiedene Annah- men zur zeitlichen Verteilung des Berufsverkehrs im Modellballungsraum München für die Spitzenstunde des morgendlichen Berufsverkehrs .....	78
Tabelle 15: Mittlere Reisezeit, Reiseweite und Geschwindigkeit pro Fahrzeug in Abhängigkeit von der Besetzungszahl im Berufspendlerverkehr.....	79
Tabelle 16: Vergleich des tatsächlichen Verkehrsaufkommens (Messwerte Juli 1999) und der errechneten Werte für ausgewählte Verkehrsknotenpunkte des äußeren Bereichs Münchens an einem Werktag in den Ferien.....	84

Tabelle 17: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge im Urlaubsverkehr mit individuellen dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit.....	86
Tabelle 18: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge im Urlaubsverkehrs mit individuellen dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit aller Urlauber .....	86
Tabelle 19: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge im Urlaubsverkehrs mit individuellen dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit des Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer .....	87
Tabelle 20: Vergleich von Verkehrsaufkommen und Fahrleistung für verschiedene Fahrzeugtypen des Wirtschaftsverkehrs im Modellballungsraum München an einem Werktag (Montag – Freitag) .....	101
Tabelle 21: Abgasgrenzwerte für die Serienproduktion von Pkw (in g/km) im neuen europäischen Fahrzyklus (Prüfverfahren „EURO2“).....	107
Tabelle 22: Abgasgrenzwerte für LKW und Busse (in g/kWh) im neuen europäischen Fahrzyklus (Grenzwerte für die Serienproduktion).....	108
Tabelle 23: Luftqualitätsziele entsprechend 23. BImSchV und des LAI .....	109
Tabelle 24: Überschreitung der Prüfwerte der 23. BImSchV im Straßennetz von München 1998 für die Schadstoffe Benzol, Dieselruß und Stickstoffoxide (NO <sub>x</sub> ).....	110
Tabelle 25: Zusammensetzung der Fahrzeugflotte (PKW) für verschiedene Bezugsjahre mit Fahrzeugen der verschiedenen Emissionskategorien.....	111

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1:	Prinzipieller Aufbau einer Technikfolgenabschätzung im Verkehrsbereich .....	14
Abb. 2:	Prinzipieller Aufbau des Modellsystems zur Simulation der verkehrlichen Wirkungen und zur Berechnung der daraus resultierenden Emissionen für verschiedene Optionen des Ballungsraumverkehrs .....	15
Abb. 3:	Vorschlag für eine grundsätzliche Strukturierung der Gestaltungsmöglichkeiten des Verkehrs- und Mobilitätsmanagements mittels IuK-Techniken .....	21
Abb. 4:	Übersicht über die Struktur und die Schwerpunkte des nationalen ITS-Programms der USA .....	28
Abb. 5:	Die 19 Subsysteme der ‚Physical Architecture‘ und ihre Beziehungen zueinander .....	30
Abb. 6:	Vorschlag für eine institutionelle Strukturierung des Verkehrs- und Mobilitätsmanagements.....	42
Abb. 7:	Entwicklung der Gesamtzahl der Wege im Einzugsbereich des untersuchten Korridors des „Karlsruher Modells“ .....	44
Abb. 8:	Pkw-Besetzungszahlen für vier unterschiedliche Szenarien: .....	46
Abb. 9:	Potenzielle Veränderungen des Modal-Splits für vier unterschiedliche Szenarien .....	46
Abb. 10:	Dynamische Kundenentwicklung im schweizerischen Carsharing .....	47
Abb. 11:	Reziprokes Mobilitätsverhalten der Carsharer .....	48
Abb. 12:	Wegehäufigkeit von „Mobility Carsharing Schweiz“-Kunden und Personen mit voller Autoverfügbarkeit .....	48
Abb. 13:	Verhaltensänderungen autoaufgebender Carsharer im Vergleich zu Personen mit voller und ohne Autoverfügbarkeit .....	49
Abb. 14:	Überblick über die betrachteten Ballungsräume in Deutschland .....	57
Abb. 15:	Anteile der verschiedenen Verkehrszwecke in ausgewählten deutschen Ballungsräumen .....	58
Abb. 16:	Anteile des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) am Verkehrsaufkommen in ausgewählten deutschen Ballungsräumen .....	58
Abb. 17:	Anteil des ÖPNV und des motorisierten Individualverkehrs am Verkehrsaufkommen im Berufspendlerverkehr in ausgewählten Ballungsräumen .....	59
Abb. 18:	Anteile der Binnenpendler (innerhalb der Kernstadt) und der Einpendler aus dem Umland bezogen auf die Arbeitsplätze der Kernstädte .....	59
Abb. 19:	Anteil des ÖPNV und des MIV (motorisierten Individualverkehrs) am Verkehrsaufkommen im Freizeitverkehr in ausgewählten Ballungsräumen .....	60
Abb. 20:	Anteil des ÖPNV und des MIV (motorisierten Individualverkehrs) am Verkehrsaufkommen im Einkaufsverkehr in ausgewählten Ballungsräumen .....	60

Abb. 21:	Verteilung des Verkehrsaufkommens in der Region München auf unterschiedliche Verkehrszwecke im Jahr 1994 .....	64
Abb. 22:	Verteilung des Verkehrsaufkommens im Wirtschaftsverkehr in der Region München im Jahr 1994 .....	65
Abb. 23:	Kfz-Verkehr in München nach Erhebungen des Stadtplanungsamtes .....	66
Abb. 24:	Errechnete Belastung des Verkehrsnetzes der Region München an einem mittleren Werktag – Referenzfall und Systemoptimum .....	67
Abb. 25:	Errechnete Belastung an einem mittleren Werktag im äußeren Bereich Münchens und im Bereich der Münchener Innenstadt – Referenzfall .....	68
Abb. 26:	Errechnete Belastung an einem mittleren Werktag im äußeren Bereich Münchens und im Bereich der Münchener Innenstadt – Systemoptimum.....	69
Abb. 27:	Verkehrsströme der Berufspendler in der morgendlichen Spitzenstunde im Straßennetz der Region und der Kernstadt des Modellballungsraums München – Referenzfall.....	75
Abb. 28:	Routenwahl im morgendlichen Berufsverkehr für die Fälle des unbelasteten und des belasteten Verkehrsnetzes im Modellballungsraum München .....	76
Abb. 29:	Gesamtverkehrsströme im Straßennetz des Ballungsraums München in der morgendlichen Spitzenstunde des Berufsverkehrs für die Besetzungszahlen 1 – Standardfall und 2 – Extremfall.....	80
Abb. 30:	Gesamtverkehrsströme im Straßennetz des Stadtgebiets Münchens in der morgendlichen Spitzenstunde des Berufsverkehrs für die Besetzungszahlen 1 – Standardfall und 2 – Extremfall.....	81
Abb. 31:	Isochronen für ein ausgewähltes Ziel in München: Referenzfall - Besetzungszahl 1 und Besetzungszahl 2 .....	82
Abb. 32	a) Zusatzbelastung des Straßennetzes durch den Urlaubsdurchgangsverkehr im Ballungsraum München an einem Freitag in den Ferien – Referenzfall „Urlaubsverkehr bleibt auf den Autobahnen“ und b) Fall 2 „Routensucher“ auf dem belasteten Netz.....	88
Abb. 33:	Zusatzbelastung des Straßennetzes durch den Urlaubsdurchgangsverkehr im Ballungsraum München an einem Freitag in den Ferien – Fall 3 „20% des Urlaubsverkehrs ist mit Telematik ausgestattet“ gesamter Raum und Innenstadtbereich.....	89
Abb. 34:	Zusatzbelastung des Straßennetzes durch den Urlaubsdurchgangsverkehr im Ballungsraum München an einem Freitag in den Ferien – Fall 4 „40% des Urlaubsverkehrs ist mit Telematik ausgestattet“ gesamter Raum und Innenstadtbereich.....	90
Abb. 35:	Zusatzbelastung des Straßennetzes durch den Urlaubsdurchgangsverkehr im Ballungsraum München an einem Freitag in den Ferien – Fall 5 „100% des Urlaubsverkehrs ist mit Telematik ausgestattet“ gesamter Raum und Innenstadtbereich.....	91

Abb. 36:	Zusatzbelastung des Straßennetzes durch den Urlaubsdurchgangsverkehr im Ballungsraum München an einem Freitag in den Ferien – Vergleich des Referenzfalles mit dem Systemoptimum.....	92
Abb. 37:	Mittlere Reisezeit der Berufspendler im Modellballungsraum München in Abhängigkeit von der Ausstattung der Fahrzeuge mit individuellen dynamischen Leitsystemen sowie einfachen organisatorischen Maßnahmen zur Organisation des Berufspendlerverkehrs im Vergleich zum Referenzfall. ....	96
Abb. 38:	Mittlere Reisezeit der Berufspendler im Modellballungsraum München für verschiedene Fälle der Organisation des Berufspendlerverkehrs zusammen mit dem Referenzfall und dem Fall einer „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes (Systemoptimum). ....	96
Abb. 39:	Anzahl der Urlauberverfahrzeuge auf den Autobahnen nordöstlich Münchens und auf sonstigen Straßen des Modellballungsraums in Abhängigkeit von der Ausstattung der Fahrzeuge mit individuellen dynamischen Leitsystemen zusammen mit dem Referenzfall und dem Fall einer „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes (Systemoptimum).....	98
Abb. 40:	Anteil des Wirtschaftsverkehr am gesamten Verkehr im Ballungsraum München im Außenbereich der Stadt .....	100
Abb. 41:	Prozentualer Anteil des Wirtschaftsverkehr am gesamten Verkehr in der Innenstadt von München .....	100
Abb. 42:	Prozentuale Anteile der verschiedenen Verkehrszwecke und Fahrzeugarten an den in der 23. BImSchV geregelten Schadstoffemission.....	101
Abb. 43:	Belastungssituation mit Rußpartikeln für ausgewählte Straßen Münchens im Jahr 1995 .....	111
Abb. 44:	Zeitliche Entwicklung der Emissionen der Schadstoffe, die in der 23. BImSchV geregelt werden, im Bereich des Ballungsraums München.....	112
Abb. 45:	Zeitliche Entwicklung der Emissionen der Schadstoffe, die in der 23. BImSchV geregelt werden, im Bereich der Innenstadt Münchens .....	113
Abb. 46:	Zur Ablauf-Grobstruktur der BVWP – modernisiert (nicht realisierte Rückkopplung) .....	127
Abb. 47:	Verfahrensablauf zur Bewertung von Szenarien des Fernverkehrs nach UBA 1999.....	133
Abb. 48:	Ablauf der Erfassung und Bewertung von Luftschadstoffen in der BVWP '92..	135
Abb. 49:	Ablauf der Erfassung und Bewertung von Luftschadstoffen und Klimagasen in der BVWP – modernisiert 2000.....	138
Abb. 50:	Ablauf der Erfassung und Bewertung von Luftschadstoffen und Klimagasen nach UBA 1999 .....	139



## Vorwort

Das Vorhaben „Verkehr in Ballungsräumen – Optionen für eine effizientere und umweltverträglichere Gestaltung“ ist eine Fortsetzung der umfangreichen Untersuchung „Entwicklung und Analyse von Optionen zur Entlastung des Verkehrsnetzes und zur Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger“. In dieser im Auftrag des Deutschen Bundestages (BT-Drucksache 13/11447 vom 29.09.98) erstellten Studie, die in überarbeiteter Form auch als Buch unter dem Titel „Umweltverträgliche Verkehrskonzepte“ im Erich Schmidt Verlag erschienen ist, wurden unter Beteiligung einer Reihe verkehrswissenschaftlicher Fachinstitute verschiedene Strategien für einen effektiveren und umweltfreundlicheren Verkehr erarbeitet. Besondere Aufmerksamkeit wurde dabei den neuen Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) im Verkehr, häufig Verkehrs-Telematik genannt, geschenkt.

Dank der Unterstützung durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Förderkennzeichen 19 K 97115 vom 10.04.1997) konnten diese Analysen für den konkreten Problembereich „Ballungsraumverkehr“ fortgesetzt werden. Diesmal lag der Schwerpunkt der Arbeiten bei den Wirkungen und Folgen der neuen Dienste, die durch IuK-Techniken ermöglicht werden. Hierzu wurden neben den Auswertungen von Fallstudien im nationalen und internationalen Bereich auch Simulationsrechnungen exemplarisch für den Ballungsraum München (Modellballungsraum) durchgeführt.

Im Mittelpunkt der Untersuchungen internationaler Studien standen Auswertungen US-amerikanischer Projekte, da in den USA die Einführung und Umsetzung dieser neuen Techniken seit mehr als einem Jahrzehnt gezielt gefördert und praktiziert wird. Insbesondere die Expertengespräche mit Projektverantwortlichen der Projekte der Metropolitan Model Deployment Initiative (MMDI) an den Standorten New York/New Jersey/Connecticut (NY/NJ/CT), Seattle, Phoenix und San Antonio sowie mit Vertretern des US-Verkehrsministeriums (US-DoT) gaben die Möglichkeit, die Konzeption der in den USA angewandten Innovationsstrategie zu analysieren. Die Untersuchungen der deutschen Modellprojekte wurden in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen (ISV) der Universität Stuttgart durchgeführt. Herr Dipl.-Ing. Wacker, ISV, leitete auch ein „strukturiertes Fachgespräch“ mit Vertretern der Kommunen, in denen IuK-Techniken im Verkehrsbereich eingesetzt werden.

Die Simulationsrechnungen wurden mit dem Verkehrsmodell VISUM der Fa. PTV Planung Transport Verkehr AG, Karlsruhe, exemplarisch für den Ballungsraum München durchgeführt. Die Daten zum Verkehrsaufkommen wurden vom Referat für Stadtplanung und Bauordnung der Landeshauptstadt München, dem Frau Stadträtin Dipl.-Ing. Thalgott vorsteht, zur Verfügung gestellt. Die Herren leitender Baudirektor Remling und Dr. Schwerdtfeger, beide Stadtplanungsamt München, sowie deren Mitarbeiter standen auch für Diskussionen einer Vielzahl von Einzelfragen, die bei der Anwendung dieser Daten auftraten, zur Verfügung.

Der ebenfalls in dieser Studie gegebene Überblick zur räumlichen und verkehrlichen Struktur deutscher Ballungsräume war durch eine Auswertung der Daten der Matrix 97 möglich, einer Datenbank, die im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) und der Deutschen Bahn AG (DB AG) von der Firma Intraplan, München, erstellt wurde. Sie beschreibt die Quell-Ziel-Verkehre im Personenverkehr in

Deutschland für unterschiedliche Verkehrszwecke. Die Daten wurden von Intraplan entsprechend den Erfordernissen dieser Studie aufbereitet. Herr Dr. Kostritz, DB AG, ermöglichte, dass ITAS frühzeitig über diese Daten verfügen konnte. Kapitel 4 enthält erste Auswertungen dieser umfangreichen Datenbasis.

Zum Thema „Verkehrspolitische Optionen im Kontext vorliegender Bewertungsverfahren“ erstellte Herr Dr. Ekkehard Fulda ein externes Gutachten. In diesem Beitrag wurde die komplexe Thematik der formalen Bewertungsverfahren, die gegenwärtig in der Verkehrswegeplanung eingesetzt werden, im Hinblick auf ihre verkehrs- und umweltpolitischen Implikationen angesprochen, sowie ein Ausblick auf neue Entwicklungen auf diesem Gebiet gegeben. In Kapitel 8 sind die wesentlichen Ergebnisse dieses Gutachtens zusammenfassend wiedergegeben.

Karlsruhe, im November 2001

*Die Autoren*

## Kurzfassung

Das anhaltende Wachstum des Verkehrsaufkommens und der Verkehrsleistung, insbesondere im Straßenverkehr, haben zu einer Situation geführt, die nicht nur mit hohen Umweltbelastungen verbunden ist, sondern die auch die Kapazitäten der vorhandenen Straßeninfrastruktur in einem so hohen Maße auslastet bzw. so häufig überschreitet, dass Mobilität erheblich eingeschränkt ist. Da dieses Wachstum ökonomische und gesellschaftliche Entwicklungen widerspiegelt, gibt es keine einfachen Handlungskonzepte, um den Verkehr entsprechend den **Kriterien einer „nachhaltigen Mobilität“** zu gestalten. Nur von **integrierten Politikkonzepten**, die die Wirtschafts-, Umwelt-, Raumordnungs- und Städtebaupolitik einbeziehen, ist zu erwarten, dass sie die Entwicklung des Verkehrs mit ökologischen Anforderungen ins Gleichgewicht bringen können. Integrierte Politikkonzepte stehen daher auch im Mittelpunkt der Überlegungen des Verkehrsberichts 2000 der Bundesregierung. Die Umsetzung dieser Konzepte in konkrete Maßnahmen hat sich jedoch als schwierig erwiesen. Eine wissenschaftliche Politikberatung, die sich an den Wirkungen und Folgen von konkreten Maßnahmen orientiert, kann hier eine wichtige Umsetzungshilfe leisten.

Gegenstand der vorliegenden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Studie sind neue verkehrstechnische Konzepte im Ballungsraumverkehr unter besonderer Berücksichtigung der **Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken)**. Deren Anwendung im Verkehr, häufig auch Verkehrs-Telematik genannt, verspricht die Entstehung einer Vielzahl neuer Dienste, von denen erhebliche Einflüsse auf den Verkehr insgesamt, vor allem aber auf die Ballungsraumverkehre zu erwarten sind. Telematikanwendungen können verschiedene Funktionen im Verkehrssystem übernehmen, neben der **Bereitstellung von Informationen zur Verkehrssituation** können sie auch zur **Verkehrslenkung** eingesetzt werden. Weiterhin gestatten diese neuen Techniken **neue Organisationsformen des Verkehrs**, wie die verbesserte Vernetzung des öffentlichen Verkehrs mit dem Individualverkehr oder ganz neue Formen eines „kooperativen Individualverkehrs“ auf der Basis von Mitfahrgemeinschaften. Bereits die Informationsbereitstellung durch IuK-Techniken hat so viele Ausprägungen, dass eine generelle Bewertung der neuen Techniken nicht möglich ist. Eine Aussage, inwieweit die Maßnahmen zur Steigerung der Effektivität und der Umweltverträglichkeit der Verkehrssysteme beitragen, kann nur für die jeweils speziell betrachteten Dienste gemacht werden und ist nicht verallgemeinerungsfähig. Zu unterscheiden sind dabei vornehmlich individuelle und kollektive Dienste. Individuelle Dienste, wie Routenführungssysteme, stehen nur Fahrern entsprechend ausgestatteter Fahrzeuge zur Verfügung, kollektive Dienste, wie Wechselwegweiser, dienen der Lenkung des Gesamtverkehrs und sind für alle Verkehrsteilnehmer nutzbar.

Die als Technikfolgenabschätzung konzipierte Studie untersucht alternative Optionen zur Einführung und zum Einsatz dieser neuen Techniken, die eine effizientere und umweltverträglichere Verkehrsgestaltung versprechen, auf ihre Machbarkeit, ihre verkehrliche Wirksamkeit und ihre Folgen. Zur Analyse der Optionen wurden nationale und internationale Untersuchungen, wie die Projekte des „Münchener Modells“ im Bereich des Wirtschaftsverkehrs, ausgewählte EU-Projekte zur Erhöhung der Besetzungszahl von Pkw und zur besseren Vernetzung von öffentlichem und Individualverkehr sowie die US-amerikanischen Projekte der Metropolitan Model Deployment Initiative (MMDI) in den Ballungsräumen New York/New Jersey/Connecticut, Seattle, Phoenix und San Antonio als **Fallstudien für den Einsatz**

**neuer Techniken und Dienste** im Ballungsraumverkehr ausgewertet. Weiterhin wurden **Simulationsrechnungen zur verkehrlichen Wirksamkeit und den Folgen des Einsatzes ausgewählter Telematikdienste wie auch der Praktizierung einfacher organisatorischer Maßnahmen** für einen Modellballungsraum durchgeführt. Am Beispiel der Stadt München und ihres Umlandes galten die Untersuchungen dem Berufspendlerverkehr sowie auch den Freizeit- und dem Wirtschaftsverkehr, die durch erhebliche Zuwächse gekennzeichnet sind.

Die **vergleichende Analyse typischer Mobilitätsparameter** ausgewählter Ballungsräume in Deutschland gibt Hinweise dafür, dass in den betrachteten Gebieten sehr unterschiedliche Strukturen vorliegen. Die Anteile der verschiedenen Verkehrszwecke am Gesamtverkehrsaufkommen sind zwar ähnlich, so ist der Freizeitverkehr in allen betrachteten Räumen der dominante Verkehrszweck mit teilweise über 40 % des Verkehrsaufkommens. Erhebliche Unterschiede weisen die Ballungsräume jedoch bei den Anteilen des öffentlichen Verkehrs und des Individualverkehrs sowie bei den Verkehrsverflechtungen zwischen Kernstadt und Umland auf. So beträgt der Anteil der Einpendler im Berufsverkehr im Vergleich zu den im Kernstadtbereich lebenden Arbeitnehmern (Binnenpendlern) in Berlin nur wenige Prozent, in Frankfurt/Main hingegen über 40%. Dieses Ergebnis unterstreicht die bekannte Tatsache, dass die in den vergangenen Jahrzehnten vollzogene Raum- und Siedlungsentwicklung die insbesondere in den alten Bundesländern vorliegenden verkehrswirksamen Strukturen wesentlich geprägt hat.

### **Fallstudienauswertungen zu neuen Techniken und Diensten im Ballungsraumverkehr**

Die Ergebnisse der **Fallstudienauswertungen zum Einsatz neuer Techniken und Dienste im Ballungsraumverkehr** zeigen, dass durch sie Effizienzsteigerungen des Verkehrssystems möglich sind. Von besonderem Interesse für die Einschätzung neuer Telematik-Techniken und -Dienste sind die **Auswertungen US-amerikanischer Erfahrungen zum Einsatz von IuK-Techniken im Ballungsraumverkehr** im Rahmen der Projekte der Metropolitan Model Deployment Initiative (MMDI). In den USA wird die Einführung von IuK-Techniken im Verkehrsbereich - dort ITS (Intelligent Transportation Systems) genannt - seit Anfang der neunziger Jahre mit erheblichen Mitteln des Bundes und der US-Bundesstaaten auf der Grundlage gesetzlicher Regelwerke gefördert. Bemerkenswert ist die *systematische Planung und Durchführung der Projekte sowie deren Koordinierung durch staatliche Institutionen*. Das beachtliche staatliche Engagement beschränkt sich dabei nicht nur auf die Projektförderung während der Entwicklungsphase, sondern begleitet auch die praktische Einführung der neuen Techniken. Gefördert wird vornehmlich der Einsatz kollektiver Systeme, die allen Verkehrsteilnehmern zur Verfügung stehen, während individuellen Leitsystemen in den einzelnen Fahrzeugen, wie sie häufig in Europa im Mittelpunkt der Diskussion um Telematik-Dienste stehen, nur eine untergeordnete Bedeutung zukommt.

Die in den USA praktizierte Vorgehensweise beruht auf der Einschätzung, dass Innovationen sich heute nur noch in seltenen Fällen auf neue Einzeltechniken beziehen, sondern vielmehr als ganz neue Systeme eingeführt werden. Diese neuen Systeme erfordern die Schaffung technischer, organisatorischer und infrastruktureller Voraussetzungen. Besonderes Augenmerk wird in den USA darauf geworfen, dass diese Voraussetzungen das Entstehen neuer Märkte für innovative Produkte und Dienste ermöglichen bzw. begünstigen. Neue Märkte für komplexe technische Systeme, wie die neuen IuK-Techniken, sind entsprechend der amerikanischen Erfahrungen nicht das Ergebnis des **Wettbewerbs konkurrierender Einzelunterneh-**

*men unter Status-quo-Bedingungen, sondern einer strategischen Gesamtplanung*, die die organisatorischen und infrastrukturellen Voraussetzungen für die Entwicklung dieser neuen Märkte unter Berücksichtigung des Nutzergewinns der potenziellen Marktteilnehmer schafft. Dabei ist eine Entwicklung zu fördern, die einerseits offen ist für technische Weiterentwicklungen und Angebotsverbesserungen für die Marktteilnehmer, andererseits aber auch notwendige Standardsetzungen festschreibt, die die Übertragbarkeit der Konzepte innerhalb eines großen Marktes sichern. Staatliche Institutionen haben dabei die Aufgabe, diese Entwicklung zu koordinieren.

Die Auswertung der MMDI-Projekte zeigt weiterhin, dass die Potenziale der neuen IuK-Techniken nur dann voll ausgeschöpft werden können, wenn entsprechende *infrastrukturelle Voraussetzungen* vorliegen. Verkehrsmanagement erfordert die Möglichkeit, steuernd auf den Verkehrsfluss einwirken zu können, wie dies zum Beispiel bei der Zuflussregelung des aus Seitenstraßen in Hauptstraßen einmündenden Verkehrs (ramp metering) und der Einrichtung von HOV-Lanes (High Occupancy Vehicle Lanes), das sind Straßenspuren, die nur von Fahrzeugen mit mehreren Fahrzeuginsassen benutzt werden dürfen, praktiziert wird.

Da die in den USA vorliegenden organisatorischen, rechtlichen und infrastrukturellen Bedingungen für den *Einsatz der IuK-Techniken im Verkehrsbereich in Deutschland* nicht vorliegen, sind die entsprechenden Umsetzungsmöglichkeiten für diese neuen Techniken und Dienste hier insgesamt eingeschränkter. Dies sollte jedoch nicht ausschließen, Erfahrungen aus den USA zur Umsetzung geeigneter Innovationsstrategien für neue Techniken und Dienste zu berücksichtigen, denn auch in Deutschland bestehen große Erwartungen an deren Beiträge zur Lösung der Verkehrsprobleme. Die Voraussetzungen für die in den USA praktizierte einzelprojektübergreifende Abstimmung bei der Einführung neuer Techniken unter der Koordination des Staates in Hinblick auf die Schaffung neuer Märkte liegen hier bisher jedoch nicht vor. Es mangelt in Deutschland vor allem an einem für alle Ballungsräume abgestimmten Konzept, das eine einheitliche Entwicklung und die Übertragbarkeit der neuen Techniken und Dienste sicherstellt, wie dies das Rahmenkonzept der dort geltenden „nationalen Architektur“ vorsieht. Bei den hiesigen ganz anderen Bedingungen für die Einführung von Innovationen besteht daher die Gefahr, dass ähnlich wie bei der Einführung des Internets, die in den USA entwickelten Standards allein schon wegen der internationalen Konkurrenzfähigkeit von der europäischen und deutschen Industrie übernommen werden müssen.

In Deutschland werden ganz *unterschiedliche Organisationsmodelle für das Verkehrs- und Mobilitätsmanagement* praktiziert. Die Verantwortung für die Verkehrslenkung ist in den verschiedenen Städten unterschiedlich geregelt, so erfolgt sie in einigen Städten durch die Kommunen, in anderen wird sie von Zweckverbänden wahrgenommen und schließlich wird in Hannover seit kurzem die Verkehrslenkung durch ein privates Unternehmen durchgeführt. Es ist davon auszugehen, dass die verschiedenen Organisationsmodelle des Verkehrsmanagements für die Einführung neuer Techniken und Dienste bedeutsam sind, noch entscheidender dürfte jedoch der politische Wille sein, diese Dienste im Sinne einer Vernetzung der verschiedenen Verkehrssysteme zu nutzen. Frühere Untersuchungen ergaben bereits, dass eine nicht eindeutige Prioritätensetzung für bestimmte verkehrspolitische Ziele die Fortsetzung der bisherigen Entwicklung begünstigt, diese Dienste vorzugsweise für die Optimierung der jeweiligen Einzelsysteme Individualverkehr oder öffentlicher Verkehr getrennt und weniger für eine Integration beider Verkehrsträger einzusetzen.

Auch europäische Projekte für neue Mobilitätsdienstleistungen und zur Vernetzung von öffentlichem Verkehr und Individualverkehr weisen auf Effizienzpotenziale hin. Insbesondere das Projekt „Mobility CarSharing Schweiz“ zeigt, dass Intermodalität, d.h. die kombinierte Nutzung öffentlicher und privater Verkehrsmittel, bereits heute erfolgreich praktiziert werden kann. Sozialwissenschaftliche Begleituntersuchungen des Schweizer Projektes weisen auf bemerkenswerte Änderungen des Mobilitätsverhaltens der „Mobility“-Teilnehmer im Hinblick auf eine erhebliche Reduktion der Autofahrleistung und eine Verlagerung auf öffentliche Verkehrsträger hin.

### **Simulationsrechnungen zu neuen Techniken und Diensten für die Bedingungen des Modellballungsraums München**

*Simulationsrechnungen zum Einsatz neuer Techniken und Dienste im Ballungsraumverkehr*, exemplarisch durchgeführt für die Bedingungen des Raumes München, zeigen neben Vorteilen auch unbeabsichtigte Nebenwirkungen des Einsatzes der neuen Telematikdienste. Der besondere Vorteil von Simulationsrechnungen im Vergleich zu Fallstudien besteht darin, dass hiermit auch die Potenziale noch nicht realisierter Anwendungen neuer Techniken und Dienste untersucht werden können. Mit ihnen wurde der *morgendliche Berufspendlerverkehr* sowie der *Urlaubsverkehr an einem Werktag in der Ferienzeit* simuliert. Für den Fall des morgendlichen Berufsverkehrs wurde neben einfachen organisatorischen Maßnahmen, wie der Ausdehnung des Zeitintervalls des Arbeitsbeginns und die Bildung von Fahrgemeinschaften vor allem der Einsatz individueller dynamischer Leitsysteme untersucht. Bisher liegen Daten für die dynamische Routenführung innerhalb der Ballungsräume nur begrenzt vor, es ist jedoch zu erwarten, dass sie in Zukunft flächendeckend zur Verfügung stehen werden.

Die Rechnungen für *die Spitzenstunde des morgendlichen Berufsverkehrs* zeigen, dass der Einsatz individueller dynamischer Leitsysteme, unter speziellen Bedingungen erhebliche Reisezeitgewinne zwischen 10% bis über 20% für die einzelnen mit entsprechenden Geräten ausgerüsteten Fahrzeuge mit sich bringt. Diese Vorteile werden allerdings zumeist mit längeren Reiseweiten erkauft, was wiederum mit höheren Schadstoffemissionen verbunden sein kann. Bei einer Ausstattungsquote der Berufspendlerfahrzeuge zwischen 20% und 100% ist im Straßennetz des Modellballungsraums ein mittlerer Reisezeitgewinn von etwa 10% der mittleren Reisezeit zu erzielen. Gleichzeitig verbessern sich auch die mittlere Reisezeit und die mittlere Geschwindigkeit der Fahrzeuge, die nicht mit diesen Leitsystemen ausgestattet sind.

Der theoretisch interessante Extremfall einer „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes (Systemoptimum) im morgendlichen Berufsverkehr vergrößert den mittleren Reisezeitgewinn für alle Verkehrsteilnehmer nochmals um mehr als 5 % und verkürzt die Reisezeit der Berufspendler nochmals geringfügig, bezogen auf den Fall der 100%igen Ausstattung der Berufspendler mit den entsprechenden Leitsystemen.

Vergleichsweise größere Wirkungen als der Einsatz moderner Leitsysteme haben *im morgendlichen Berufsverkehr* relativ *einfache organisatorische Maßnahmen*, wie die *Ausdehnung des Zeitintervalls* oder die *Bildung von Fahrgemeinschaften*. Rechnungen für den Fall, dass das Zeitfenster des Berufsverkehrs von 3 Stunden auf 4 Stunden vergrößert wird, ergaben Reisezeitgewinne von etwa 15% der mittleren Reisezeit sowohl für die Gruppe der Berufspendler wie auch für die Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer und liegt damit wesentlich höher als für die betrachteten Fälle des Einsatzes individueller dynamischer Leitsysteme.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich jedoch keine abschließende Bewertung der Wirksamkeit moderner Leitsysteme ableiten, vielmehr ist zu betonen, dass sie nur für den Fall der vorliegenden Infrastruktur gelten. Lügen im Modellballungsraum Infrastrukturbedingungen vor, die sich an den Möglichkeiten der neuen Techniken orientieren, wie die aus den USA bekannten separaten Fahrspuren für Fahrzeuge mit zwei oder mehr Fahrzeuginsassen (HOV-Lanes) oder die gesteuerte Zuflussregelung von Neben- auf Vorrangstraßen (ramp metering), so wären ganz andere Ergebnisse denkbar.

Eine weitere einfache organisatorische Maßnahme ist die **Bildung von Fahrgemeinschaften**, speziell im morgendlichen Berufsverkehr. Mit den neuen IuK-Techniken stehen ganz neue organisatorische Möglichkeiten für die Bildung flexibler Fahrgemeinschaften zur Verfügung. Die Simulationsrechnungen zur Untersuchung des Potenzials von Mitfahrgemeinschaften im morgendlichen Berufspendlerverkehr für den Modellballungsraum München bestätigen die erhebliche verkehrliche Wirksamkeit dieser Maßnahme. Für den Fall einer etwa 40% höheren Besetzung der Fahrzeuge (Besetzungszahl 1,4) im Vergleich zum Referenzfall (Besetzungszahl 1) vermindert sich die mittlere Reisezeit der Berufspendler um mehr als 10 Minuten, das entspricht einer etwa 20%igen Verkürzung. Eine Verdopplung der Besetzungszahl (Besetzungszahl 2) im Vergleich zum Referenzfall erbringt sogar einen Reisezeitgewinn von etwa einem Drittel der Reisezeit im Berufspendlerverkehr.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass sowohl der Einsatz von Leitsystemen wie auch relativ einfache organisatorische Maßnahmen, wie die Spreizung des Zeitfensters für den morgendlichen Berufsverkehr oder insbesondere die Erhöhung der Besetzungszahl durch Mitfahrgemeinschaften, nicht nur für die Gruppe der Berufspendler, sondern für alle Verkehrsteilnehmer Reisezeitgewinne erbringt. Die Rechnungen für die Bedingungen des Modellballungsraums München lassen erwarten, dass sowohl der Einsatz von Leitsystemen wie auch organisatorische Maßnahmen, die sich nur auf einzelne Gruppen von Verkehrsteilnehmern beziehen, zu einer Verbesserung des gesamten Systems Straßenverkehr führen. Bemerkenswert ist, dass einfache organisatorische Maßnahmen größere Reisezeitgewinne ergeben können als der umfassende Einsatz individueller dynamischer Zielführungssysteme. Dies gilt nicht nur für die Gruppe der Berufspendler, sondern für alle Verkehrsteilnehmer. Die durch einfache Maßnahmen erzielbaren Reisezeitgewinne sind sogar größer als bei einer theoretisch errechneten „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes.

Deutliche verkehrliche Wirkungen des Einsatzes individueller dynamischer Leitsysteme zeigen die **Analysen des Urlauberverkehrs an einem ausgewählten Werktag in der Ferienzeit**, bei dem angenommen wird, dass zusätzlich zu dem normalen Werktagsverkehr noch 40.000 weitere Fahrzeuge den Ballungsraum München passieren: 30.000 von Norden bzw. Nordwesten kommend in Richtung der südlichen Ferenziele und 10.000 in den entsprechenden Gegenrichtungen. Dieser Zusatzverkehr bewegt sich im Normalfall auf den Autobahnen. Dies entspricht dem verkehrspolitischen Konzept der Landeshauptstadt München, das eine Bündelung der Verkehrs auf dem Vorrangstraßennetz, nämlich dem nordöstlichen Autobahnring im Außenbereich des Ballungsraums vorsieht.

Der Einsatz individueller dynamischer Leitsysteme erbringt den Nutzern dieser Systeme erhebliche Reisezeitgewinne von etwa einer Stunde und mehr bei der Durchquerung des Ballungsraumes. Den größten Vorteil hat ein „**einzelner Routensucher**“, der in einem entsprechend dem Referenzfall belasteten Straßennetz mit Hilfe eines Routenführungssystems die

zeitkürzeste Strecke nutzt. Sein Reisezeitgewinn beträgt etwa 1 h und 20 min, das sind etwa 40% der Passagezeit.

Die Modellrechnungen lassen erwarten, dass bereits für die Fälle, dass nur wenige Urlauberverfahrzeuge mit individuellen dynamischen Leitsystemen ausgerüstet sind (bis 20%) eine weiträumige Umfahrung des Ballungsraums bevorzugt wird. Wächst der Ausstattungsanteil der Fahrzeuge mit diesen Leitsystemen auf 40%, so werden auch zunehmend Verkehrsströme durch innerstädtische Bereiche geleitet. Erst bei sehr hoher Ausstattungsquote (bis 100%) wird auch wieder zunehmend die Umfahrung der innenstädtischen Bereiche auf dem nordöstlichen Autobahnring gewählt. Für den zunehmenden Einsatz von Leitsystemen in Urlauberverfahrzeugen ist daher eine wachsende Verkehrsbelastung der Straßen des Umlandes, wie auch des Innenstadtbereichs zu erwarten. Diese Entwicklung steht dem verkehrspolitischen Konzept einer Bündelung des Verkehrs auf dem Vorrangstraßennetz entgegen.

Ähnlich wie im Fall „Telematikeinsatz im Berufsverkehr“ führt die wachsende Ausstattung von Fahrzeugen einer Teilgruppe der Verkehrsteilnehmer, nämlich der Urlauber, mit individuellen dynamischen Leitsystemen zu einer Verringerung der Reisezeiten der Gesamtgruppe aller Verkehrsteilnehmer. Ein Vergleich der bisher betrachteten Fälle mit einer „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes (Systemoptimum) führt sowohl für den Urlauberverkehr wie auch für den normalen Werktagsverkehr zu nochmaligen geringfügigen Reisezeitgewinnen im Vergleich zum Fall der „100%igen Telematikausstattung der Fahrzeuge im Urlauberverkehr“. Interessant ist, dass eine „optimale“ Auslastung des Straßennetzes eine erheblich stärkere Nutzung der Autobahn durch den Urlauberverkehr vorsieht als die Fälle der Nutzung individueller dynamischer Leitsysteme.

Der errechnete Verkehrsfluss für die Simulation einer „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes gibt interessante Hinweise für eine *effiziente Verkehrslenkung*. Der in diesem Fall verbesserte Verkehrsfluss auf der Autobahn nordöstlich von München wird durch eine weitgehende Entlastung dieses Umgehungsstraßensystems vom normalen Werktagsverkehr erreicht. Die Erreichung dieses Ergebnisses erfordert effiziente Lenkungsstrategien bei solchen besonderen Ereignissen. Eine Möglichkeit für eine solche effiziente Leitstrategie bestünde in der aus den USA bekannten *gesteuerten Zuflussregelung von Verkehr aus Neben- auf Vorrangstraßen* (ramp metering). Sehr wirkungsvoll ließe sich eine solche Strategie weiterhin durch eine Bepreisung der Umgehungsstraßen mittels *belastungsabhängiger Straßenbenutzungsgebühren* umsetzen. Es ist davon auszugehen, dass der durch diese Gebühr erreichbare erhebliche Zeitgewinn für den Urlaubsverkehr einen Vorteil darstellt, für den Werktagsverkehr im Ballungsraum mit relativ kurzen Strecken, für z.B. Einkauf und Freizeit, wird sich dagegen eine solche Gebühr nicht „rechnen“, was zur Entlastung der Autobahn beitragen wird.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Nutzung *individueller dynamischer Leitsysteme* in speziellen Fällen, wie zu Zeiten des morgendlichen Berufsverkehrs oder des Urlauberdurchgangsverkehrs, erhebliche Reisezeitvorteile für die mit solchen Systemen ausgestatteten Verkehrsteilnehmer erbringt. Wie die Simulationsrechnungen gezeigt haben, sind diese individuellen Vorteile in vielen Fällen mit Effizienzgewinnen für das gesamte Straßenverkehrssystem verbunden. Die Nutzung dieser Systeme kann allerdings erhebliche Auswirkungen auf die Durchsetzung kommunaler Verkehrskonzepte, wie die Ausweisung von Vorrangstraßen und Einrichtung von verkehrsberuhigten Zonen, haben. Als bemerkenswertes Ergebnis der Simulationsrechnungen kann festgehalten werden, dass *einfache organisatorische Maßnah-*

men, wie die Spreizung des Zeitfensters für den morgendlichen Berufsverkehr oder die Erhöhung der Besetzungszahl durch Mitfahrgemeinschaften, für das Gesamtsystem Straßenverkehr, d.h. für alle Verkehrsteilnehmer, zumindest ebenso große, teilweise sogar erheblich größere Reisezeitgewinne erbringt wie der umfassende Einsatz individueller dynamischer Zielführungssysteme. Bezüglich der Umweltauswirkungen, speziell im Hinblick auf die verkehrsbedingten Emissionen, ist ebenfalls davon auszugehen, dass einfache organisatorische Maßnahmen, wie insbesondere die Erhöhung der Besetzungszahl der Fahrzeuge, dank der im Vergleich zu anderen Fällen verminderten Fahrleistung zur Erbringung der gleichen Verkehrsleistung zu Verbesserungen führen wird. Dynamische Routenführungen dagegen werden – wenn überhaupt – wegen der damit häufig verbundenen größeren Wegstrecken nur mit geringfügigen Emissionsminderungen einhergehen. Dies steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen einer Untersuchung zum Thema „Verkehrstelematik und Umwelt“, die im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt wurde.

### **Überlegungen zum Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen**

Die Bedeutung des *Wirtschaftsverkehrs*, ob zum Transport von Gütern oder in Zusammenhang mit der Erbringung von Dienstleistungen, wird nicht nur an seinem hohen Anteil am Gesamtverkehrsaufkommen und der Gesamtverkehrsleistung in Ballungsräumen deutlich, sondern auch aus den erheblichen Umweltauswirkungen, die in Bezug auf die erbrachte Fahrleistung überproportional im Vergleich zu anderen Verkehrszwecken sind. Alle Überlegungen zur Verbesserung der Effizienz und Umweltverträglichkeit des Verkehrs in Ballungsräumen müssen daher den Wirtschaftsverkehr einbeziehen. Wie die durchgeführten Simulationsrechnungen zum Wirtschaftsverkehr im Modellballungsraum München zeigen, sind insbesondere die Dieselrußemissionen mit Anteilen des Wirtschaftsverkehrs von fast 80% in der Innenstadt und etwa 65% im Ballungsraum von großer Bedeutung für die dortige Umweltsituation. Dominant sind dabei die schweren Nutzfahrzeuge (> 2,8 t), die in einigen Straßen der Stadt auch die Hauptverursacher für die Überschreitung der Prüfwerte der Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten (23. BImSchV) darstellen. Die Auswertungen ausgewählter Projekte zum Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen zeigen, dass der Durchsetzung von *Verkehrsmanagementkonzepten erhebliche Hemmnisse entgegenstehen*. Diese Konzepte erfordern, die Vielzahl der Teilnehmer in diesem Verkehrsbereich einzubeziehen und die Verkehrsabläufe einzelbetriebsübergreifend zu koordinieren, was im konkreten Fall bisher jedoch kaum geschieht. Es ist davon auszugehen, dass die neuen Möglichkeiten *virtueller Güterverkehrszentren* auf der Basis von gemeinsamen Internet-Plattformen zur Güterverteilung in Städten im Hinblick auf Steigerung der Gesamteffizienz und Umweltverträglichkeit nur ausgeschöpft werden können, wenn es gelingt, durch entsprechende Gestaltung der Rahmenbedingungen den Einsatz der neuen Techniken in einer kooperativen Weise vorzunehmen.

### **Zu erwartende Emissionsminderung bei Kraftfahrzeugen aufgrund der neuen Abgasgrenzwerte**

Modellrechnungen zu den *Auswirkungen der zu erwartenden Emissionsminderung bei Kraftfahrzeugen* bei Wirksamkeit der EURO3-, EURO4- bzw. EURO5-Abgasnormen bestätigen, dass die Realisierung dieser Grenzwerte die Immissionssituation in Ballungsräumen erheblich verbessern wird. Dies gilt zumindest für Status-quo-Bedingungen, das heißt für den Fall gleichbleibenden Verkehrsaufkommens. Überschreitungen der in der Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten (23. BImSchV) festgelegten Prüfwerte für Benzol

und Stickstoffdioxid sind bereits für die nähere Zukunft auszuschließen. Für die Konzentrationswerte von Dieselruß ist dies erst für einen Zeitpunkt nach 2005 zu erwarten, wenn die strengen EURO4- bzw. EURO5-Abgasnormen wirksam werden. Für den Zeitraum nach 2010 kann sogar die Erreichung der entsprechenden Zielwerte für kanzerogene Stoffe des Risikokonzepts des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) für Benzol und Dieselruß angenommen werden.

### **Zur Berücksichtigung von Umweltauswirkungen in verkehrswissenschaftlichen Bewertungsverfahren**

Die Untersuchung gegenwärtig angewandter *verkehrswissenschaftlicher Bewertungsverfahren* zeigt, dass Umweltauswirkungen bisher noch nicht befriedigend berücksichtigt werden. Die von ökonomischen Kenngrößen geprägten Kosten-Nutzen-Analysen berücksichtigen Umweltauswirkungen prinzipiell unzureichend. Neuere Ansätze weisen erhebliche Verbesserungen auf und eignen sich damit auch grundsätzlich für den Einsatz in TA-Analysen zu neuen Verkehrskonzepten.

### **Schlussfolgerungen**

Die durchgeführten Untersuchungen zeigen, dass IuK-Techniken auf vielfältige Weise zur Erreichung einer „nachhaltigen Mobilität“ beitragen können. Dabei sind keine wesentlichen Einschränkungen im Reisekomfort in Kauf zu nehmen, vielmehr können mit Hilfe der neuen Telematikanwendungen sogar erhebliche Komfortverbesserungen realisiert werden. Die Untersuchungen weisen jedoch auch darauf hin, dass noch erhebliche Defizite bestehen, die Potenziale dieser neuen Techniken zur Erreichung einer nachhaltigen Entwicklung zu nutzen, wie zum Beispiel zur Vernetzung verschiedener Verkehrssysteme. US-amerikanische Erfahrungen zeigen, dass sich eine Entwicklung dieser neuen Techniken und Dienste im Hinblick auf die Erreichung verkehrspolitischer Ziele nicht automatisch einstellen wird, sondern dass sie nur das Ergebnis intensiver Gestaltungsbemühungen von öffentlichen und privaten Partnern bei deren Einführung sein kann. Staatlichen Institutionen fällt eine wichtige Koordinationsaufgabe zu, um eine Entwicklung im Hinblick auf „nachhaltige Mobilität“ sicherzustellen.

# 1 Einführung in die Untersuchungsthematik

## 1.1 Zur Zielsetzung und Vorgehensweise

Ein funktionierendes Verkehrssystem ist eine wesentliche Voraussetzung für die Funktions- und Leistungsfähigkeit hochentwickelter Gesellschaften. Andererseits kann jedoch nicht bestritten werden, dass die negativen Folgen des Verkehrs, insbesondere des Straßenverkehrs, in Form von Luftverschmutzung, Lärmbelästigung, Unfällen und Effizienzverlusten durch Staus und Engpässe begrenzende Faktoren der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklung darstellen. Verkehrswissenschaftliche Untersuchungen, wie die im Auftrag des Deutschen Bundestages vom Büro für Technikfolgenabschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB) erstellte Studie zum Thema „Entwicklung und Analyse von Optionen zur Entlastung des Verkehrsnetzes und zur Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger“ (Halbritter u.a., 1999), machen deutlich, dass die vorliegende Verkehrssituation nicht allein mittels klassischer verkehrspolitischer Maßnahmen zu beeinflussen ist, sondern dass auch andere Politikbereiche und nicht unmittelbar von der Politik beeinflusste gesellschaftliche Entwicklungen wesentliche verkehrliche Auswirkungen besitzen. Es ist daher notwendig, abgestimmte Konzepte zu entwickeln, um ein gemeinsames Vorgehen der verschiedenen Politikbereiche zu koordinieren.

Die Schwierigkeit, verkehrspolitisch wirksam zu sein, wird auch aus Erfahrungen der verkehrspolitischen Praxis deutlich, die zeigen, dass Einzelmaßnahmen wenig erfolgversprechend sind, um die Verkehrsnachfrage zu beeinflussen. So ist der Erfolg des „Karlsruher Modells“ eines attraktiven ÖPNV wesentlich darauf zurückzuführen, dass gleichzeitig eine Vielzahl unterschiedlicher Maßnahmen ergriffen wurde. In der oben genannten TAB-Studie wurde daher davon ausgegangen, dass verkehrspolitische Ziele nur durch abgestimmte *Maßnahmenbündel, sogenannte Optionen*, erreicht werden können. Dieser Ansatz ist auch die methodische Grundlage der vorliegenden Studie „Optionen für eine effizientere und umweltverträglichere Verkehrsgestaltung in Ballungsräumen“, die Mitte 1997 begonnen und mit Unterstützung des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft und Forschung (BMBF) durchgeführt wurde.

Die in der Themenformulierung dieser Studie angesprochenen Ziele der Effizienzsteigerung und der Erhöhung der Umweltverträglichkeit im Ballungsraumverkehr entsprechen dem Leitbild „*Mobilität dauerhaft erhalten, dabei unerwünschte Verkehrsfolgen spürbar verringern*“ des im Jahre 1996 vorgestellten Forschungsrahmens der Bundesregierung „*Mobilität - Eckwerte einer zukünftigen Mobilitätsforschungspolitik*“. Dieses Leitbild stellt eine Konkretisierung des seit der UN-Konferenz „Umwelt und Entwicklung“ in Rio de Janeiro im Jahre 1992 weltweit verbindlich gewordenen Handlungskonzepts des „sustainable development“ in den Politikfeldern Verkehr und Verkehrsforschung dar. Die in dem genannten Leitbild angesprochene **Zielvorstellung einer „nachhaltigen Mobilität“** kann durch Verhaltensänderungen der Konsumenten, in diesem Falle der Verkehrsteilnehmer, und durch eine entsprechend zielorientierte Gestaltung der Entwicklungen im Bereich neuer verkehrstechnischer Konzepte im Ballungsraumverkehr unter besonderer Berücksichtigung der neuen *Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) im Verkehrsbereich* erreicht werden. Die als Technikfolgenabschätzung konzipierte Studie untersucht alternative Maßnahmenbündel zur Einführung und zum Einsatz dieser neuen Techniken – die Optionen –, die eine effizientere

und umweltverträglichere Verkehrsgestaltung versprechen, auf ihre Machbarkeit, ihre verkehrliche Wirksamkeit und ihre Folgen. Die vorliegende Studie stellt somit die Fortführung und Konkretisierung der genannten TAB-Studie (Halbritter u.a., 1999) für die konkreten Bedingungen des Ballungsraumverkehrs dar.

Ein weiterer Schwerpunkt der TAB-Studie bezog sich auf die Gestaltungsmöglichkeiten der neuen IuK-Techniken im Hinblick auf effizientere und umweltverträglichere Verkehrsabläufe. Die hierzu ausgewerteten Pilotprojekte zum Einsatz von IuK-Techniken in den Städten Frankfurt, Stuttgart und München zeigten, dass die verkehrspolitisch gewünschte Verlagerung von Straßenverkehr auf den umweltverträglicheren öffentlichen Verkehr mit den im Rahmen der Pilotprojekte praktizierten Organisationsmodellen nicht oder nur in sehr geringem Umfang erreicht wird. Weiterhin wurde festgestellt, dass die mit individuellen dynamischen Zielführungssystemen ausgestatteten Fahrzeuge deutliche Reisezeitgewinne realisieren können und damit auch eine Entlastung des gesamten Straßenverkehrsnetzes erreicht werden kann. Die Nutzung individueller dynamischer Zielführungssysteme erhöht den Durchsatz im Straßennetz. Die politisch angestrebte möglichst weitgehende Dienstleistungsfreiheit privatwirtschaftlicher Telematikdienste im Bereich individueller Zielführungssysteme kann jedoch die verkehrspolitischen Konzepte der Kommunen und Gebietskörperschaften in erheblichem Umfang berühren bzw. konterkarieren.

Aufbauend auf diesen grundsätzlichen Erkenntnissen ist es das Hauptziel dieser Studie, die *Potenziale der neuen Techniken und Dienste zu untersuchen und Hinweise für die technischen und organisatorischen Gestaltungsmöglichkeiten eines effizienteren und umweltverträglicheren Technikeinsatzes im Verkehrsbereich für die konkreten Gegebenheiten von Ballungsräumen* zu geben. Eine solche Analyse ist auch für die Forschungsförderung im Bereich der Verkehrstechnik von Bedeutung, einmal um prioritär Entwicklungen zu fördern, die den Gestaltungskonzepten der politischen Programme entsprechen und die nicht ohnehin von der Industrie aus Eigeninteresse entwickelt werden und darüber hinaus, um Hinweise für die Implementierung dieser neuen Systeme zu geben.

Das häufig genannte Argument, dass es keiner staatlichen Forschungsförderung bedürfe, da das freie Spiel der Marktkräfte bei Vorliegen entsprechender Rahmenbedingungen per se zur Entwicklung von entsprechenden Techniken führen werde, verkennt die Tatsache, dass allein schon die Festlegung der Rahmenbedingungen die Kenntnis der Möglichkeiten technischer Entwicklungen erfordert. Darüber hinaus haben bestimmte technische Konzepte bei den vorliegenden strukturellen Bedingungen gar keine Chance, entwickelt zu werden, da keine Wettbewerbssituation vorhanden ist. Dies gilt insbesondere für Projekte der Verkehrsvernetzung. Unter den vorliegenden Bedingungen nutzen die verschiedenen konkurrierenden Verkehrssysteme prioritär die Vorteile der neuen IuK-Techniken für die Optimierung der Verkehrsabläufe des eigenen Systems. Die systemübergreifende Regelung der Verkehrsabläufe ist bisher nicht so organisiert, wie es den Möglichkeiten moderner IuK-Techniken entspricht. Da keine „Lobby“ für ein integriertes Gesamtverkehrssystem existiert, besteht die Gefahr, dass die neuen Techniken nicht im notwendigen Umfang verkehrsträgerübergreifend eingesetzt werden. Ergebnis einer solchen Fehlentwicklung wäre, dass dem ÖPNV ausschließlich die Rolle eines „Überlaufgefäßes“ zugewiesen wird. In dieser Situation ist es Aufgabe der Politik, Rahmenbedingungen so zu setzen, dass die Dynamik der marktwirtschaftlichen Ordnung im Sinne der Ziele des verkehrspolitischen Konzeptes nutzbar gemacht wird.

Ausgangspunkt aller **Technikfolgenabschätzungen (TA-Analysen)** ist die Erkenntnis, dass technische Entwicklungen keine von gesellschaftlichen und ökonomischen Bedingungen unabhängigen Prozesse darstellen, sondern dass sie wesentlich von diesen Rahmenbedingungen geprägt sind. Die grundsätzliche methodische Vorgehensweise von TA-Analysen ist die *Entwicklung von Optionen*, im speziellen Fall zum Einsatz und zur Organisation neuer verkehrstechnischer Konzepte, und die Analyse dieser Optionen bezüglich ihrer Durchführbarkeit, Wirksamkeit und Folgen (Abb. 1). Die Optionen sind dabei nicht als sich gegenseitig ausschließende Alternativen zu interpretieren. Ihr Sinn besteht vielmehr darin, durch Schwerpunktlegung auf sehr unterschiedliche Typen von Instrumenten bzw. Maßnahmen die Wirksamkeit der betrachteten Maßnahmenbündel im Hinblick auf die Ziele eines effektiveren und mit geringeren Umweltauswirkungen verbundenen Ballungsraumverkehrs und die mit dem Einsatz bzw. der Durchführung der Maßnahmen potenziell einhergehenden Umsetzungsprobleme und Folgen besonders deutlich darstellen zu können. Konkrete verkehrspolitische Strategien dürften eher auf eine Verknüpfung von Elementen der verschiedenen Optionen – und darüber hinaus möglicherweise weiterer Maßnahmen – hinauslaufen. Die vorliegende TA-Studie will die Lösungspotenziale neuer Techniken für den Verkehr in Ballungsräumen aufzeigen und die Bedingungen darlegen, unter denen vom Einsatz dieser Techniken Lösungsbeiträge zu erwarten sind. Dabei spielen auch die Hemmnisse, die innovativen Ansätzen entgegenstehen, eine große Rolle.

Die im Rahmen dieser Studie entwickelten Optionen dienen der Einordnung und Strukturierung von Fallstudienauswertungen und Simulationsrechnungen im Hinblick auf handlungsorientierte Interpretationen zur Erreichung der angestrebten effizienteren und umweltverträglicheren Verkehrsgestaltung. Es wurden die folgenden Optionen ausgewählt:

1. Option *„Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) zur Verbesserung der Verkehrsinformation in Ballungsräumen“*
2. Option *„Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) zur aktiven Verkehrsablaufsteuerung in Ballungsräumen“*
3. Option *„Mobilitätsmanagement durch verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr und neue Formen eines kooperativen Individualverkehrs“*
4. Option *„Neue Konzepte für den Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen“*

Alle vier Optionen berücksichtigen die Gestaltungsmöglichkeiten des Ballungsraumverkehrs durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken). Während Option (1) einer „weichen“ Eingriffsstrategie entspricht, die sich auf die Verbesserung der Verkehrsinformation beschränkt, greift Option (2) direkt in das momentane Verkehrsgeschehen ein (situative Beeinflussung). Option (3) ist eher angebotsorientiert und darüber hinaus mittel- bis langfristig angelegt. In Option (4) sollen neue Konzepte für den Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen vor dem Hintergrund erster mit ihnen gemachter Erfahrungen im Hinblick auf ihren möglichen Beitrag zu den Zielen einer effizienteren und umweltverträglicheren Verkehrsgestaltung des Ballungsraumverkehrs vorgestellt und analysiert werden. Vorliegende Untersuchungen zum Wirtschaftsverkehr in der Region München, durchgeführt von den Gutachtern IVU, Berlin, und PTV, Karlsruhe (München, 1998), zeigen, dass dieser Verkehrsbereich in Bezug auf die Fahrleistung im Modellballungsraum für einige Schadstoffemissionen, wie insbesondere für die in der Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten (23. BImSchV) geregelten NO<sub>x</sub>-Emissionen, überproportionale Anteile besitzt. In der vorliegenden Studie werden auch die Partikelemissionen untersucht, die

ebenfalls den Regelungen der 23. BImSchV unterliegen und bisher nicht näher betrachtet wurden.

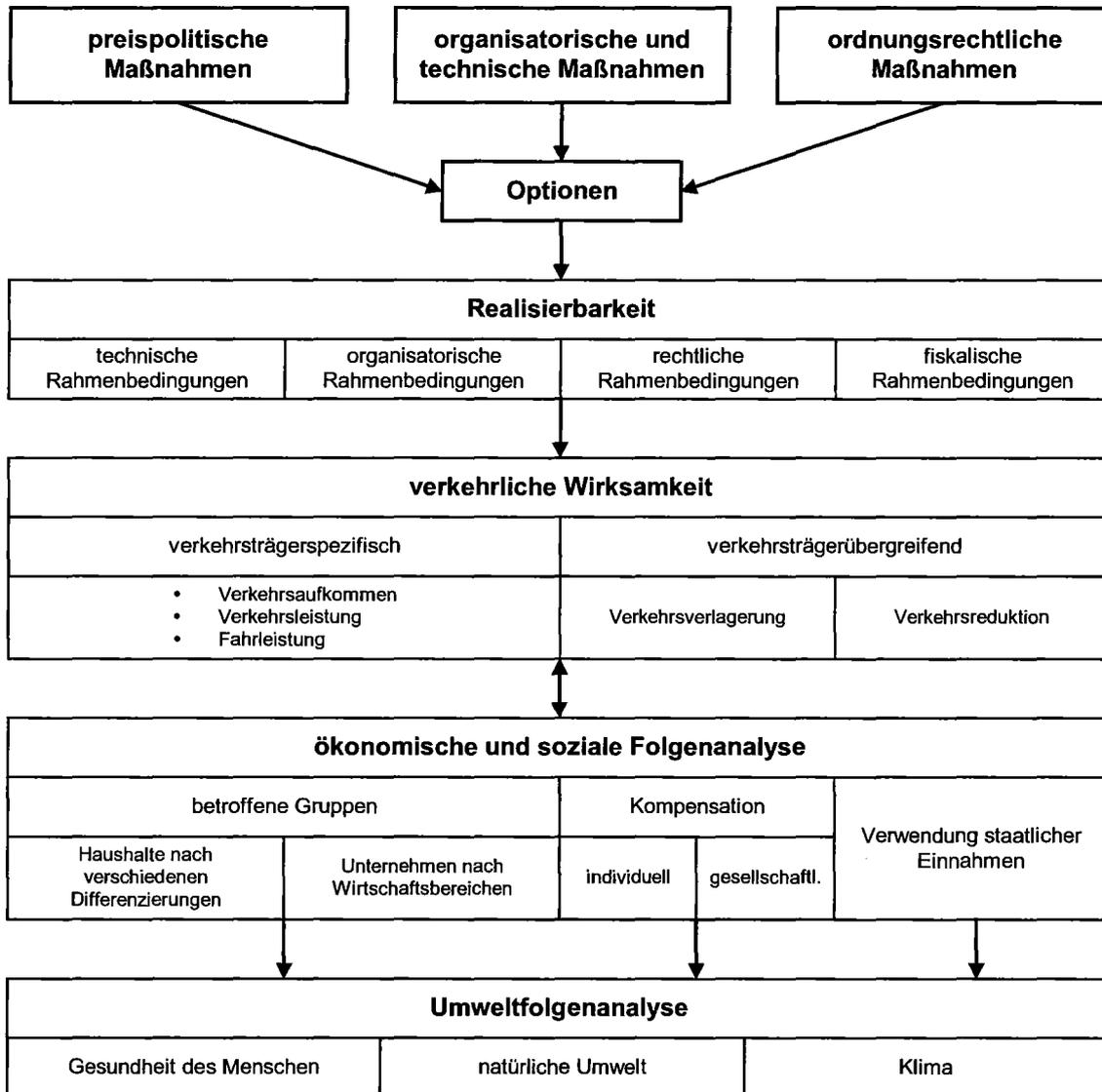


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau einer Technikfolgenabschätzung im Verkehrsbereich

Wirksamkeits- und Folgenanalysen sind eng miteinander verknüpft. Während die ersten sich jedoch auf den Bereich der verkehrlichen Wirksamkeit beschränken, sind Folgenanalysen idealerweise für die sozialen, ökonomischen und ökologischen Bedingungen durchzuführen. Hierzu werden neben den genannten **Fallstudienauswertungen** interessanter Projekte zum Ballungsraumverkehr, wie der Metropolitan Model Deployment Initiative (MMDI) in den USA und verschiedenen EU-Projekten, auch **Simulationsrechnungen** zu den Wirkungen und Folgen des Einsatzes neuer Techniken und Dienste für den Modellballungsraum München durchgeführt. Mit Hilfe dieser Rechnungen werden zum einen die Potenziale dieser neuen Techniken genauer abgeschätzt und zum anderen Hinweise auf Hemmnisse bei der Realisierung eines effizienteren und umweltverträglicheren Verkehrs gegeben. Bei den die Ballungsräume betreffenden Umweltanalysen stehen Berechnungen zur Entwicklung der Freisetzung von Luftschadstoffen, die durch die zukünftigen europäischen Emissionsgrenzwerte bestimmt

werden, im Vordergrund. Von besonderem Interesse ist dabei die Untersuchung, in wie weit die oben genannten Werte der 23. BImSchV eingehalten werden.

Die Gesamtheit der Verkehrsabläufe und der Verhaltensmuster der Verkehrsteilnehmer in einem Ballungsraum stellen ein komplexes System dar, dessen Analyse **Modellbildungen der das System beschreibenden Zusammenhänge** erfordert. Diese Modellbildungen sind Grundlage für *Simulationsrechnungen und quantitative Abschätzungen* der verkehrlichen Wirkungen und der Umweltauswirkungen für verschiedene Optionen. TA-Analysen erfordern insbesondere die Untersuchung der Einflussfaktoren sowie die Bestimmung der Wirkungen und der Folgen von Maßnahmen. Die Ergebnisse entsprechender Simulationsrechnungen erhöhen die Transparenz komplizierter Problemzusammenhänge und sind damit auch eine wichtige Grundlage für die Entscheidungsfindung.

Im Rahmen dieser Studie wurde ein Modellinstrumentarium aufgebaut, das ein **Verkehrssimulationsmodell** und ein **Umweltsimulationsmodell** umfasst (Abb. 2). Die Kopplung dieser beiden Modelle gestattet es, die aus bestimmtem Verkehrssituationen resultierenden Emissionen zu berechnen. Da Simulationsmodelle in TA-Analysen immer nur Hilfsmittel zur Untersuchung komplizierter Zusammenhänge sein können, ist es empfehlenswert, strukturell relativ einfache Modelle zu wählen, deren Modelllogik transparent ist und die sich gegebenen Problemstellungen gut anpassen lassen. Der für TA-Analysen geforderte Modelltyp sollte insbesondere für Parameterstudien geeignet sein, die das Systemverhalten bei Änderung bestimmter Einflussgrößen (Parameter) beschreiben. Das für diese Studie gewählte Verkehrssimulationsmodell VISUM und das Umweltmodell MOBILEV erfüllen diese Voraussetzungen. Bei VISUM handelt es sich um ein statisches Verkehrsflussmodell, das die Quell-Ziel-Beziehungen der Verkehrsnachfrage nach verschiedenen mathematischen Verfahren, den sogenannten Umlegungsverfahren, auf ein Verkehrsnetz abbildet. Die Quell-Ziel-Beziehungen der Verkehrsnachfrage liegen in Form von Verkehrsnachfragematrizen vor, die für die verschiedenen Verkehrszwecke erhoben wurden.

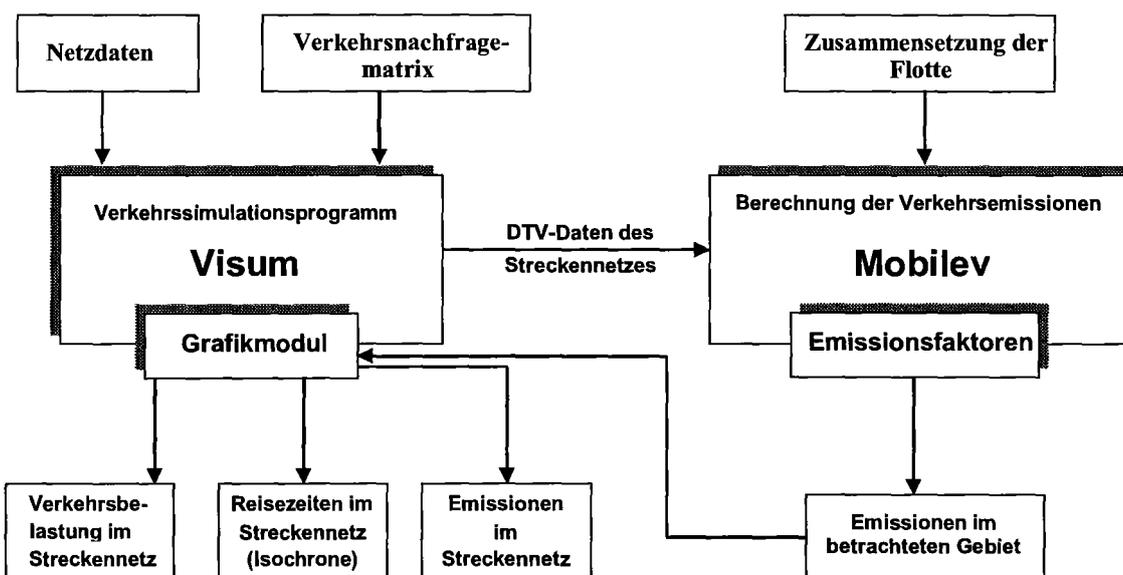


Abb. 2: Prinzipieller Aufbau des Modellsystems zur Simulation der verkehrlichen Wirkungen und zur Berechnung der daraus resultierenden Emissionen für verschiedene Optionen des Ballungsraumverkehrs

Mit der Wahl eines Umlegungsverfahrens im Modell VISUM kann die Art und Weise der Inanspruchnahme des Straßennetzes durch die Verkehrsteilnehmer simuliert werden. Das Auswahlkriterium für die Wahl der jeweils schnellsten Verbindung zwischen Start- und Zielort, führt bei einfachen Verfahren wie dem Sukzessivverfahren bei Aufteilung des Verkehrsaufkommens in wenige Teilmengen (Schritte) zur Präferenz des Vorrangstrassennetzes durch die Masse der Verkehrsteilnehmer. Aufwendigere Verfahren wie das Gleichgewichtsverfahren streben eine optimale Auslastung des Verkehrsnetzes an. Die jeweiligen Umlegungsverfahren gestatten somit den Informationsstand und die daraus folgenden Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer zu simulieren. In diesem Sinne wird das Verfahren auch zur Simulation von Telematikanwendungen angewandt.

TA-Analysen untersuchen die Beziehungen zwischen den handlungsleitenden Zielen von Maßnahmen einerseits und den Wirkungen und Folgen dieser Maßnahmen andererseits. Diese Analysen gestatten somit auch die Bewertung verschiedener Handlungsalternativen. Sie leisten jedoch keine Aggregation einer Vielzahl von unterschiedlichen Bewertungsmaßstäben zu einer einzigen Bezugsgröße, einem mehr oder weniger fiktiven Gesamtnutzen, wie es in der Praxis der Bewertung von Projekten der Verkehrsinfrastruktur geschieht. Mittels des TA-Ansatzes lassen sich vielmehr komplexe Probleme im Hinblick auf die notwendigen Handlungsanforderungen strukturieren. Aggregationen werden im Rahmen dieses Ansatzes nur durchgeführt, soweit sie durch naturwissenschaftliche Sachzusammenhänge gegeben und auch sonst vertretbar sind. Diese Vorgehensweise entspricht den Anforderungen des Rates von Sachverständigen für Umweltfragen (Umweltrat) (SRU, 1994; 1996) an eine leitbildorientierte Politikberatung. Gegen die in der Verkehrswissenschaft praktizierte Monetarisierung unterschiedlicher Bewertungsmaßstäbe sprechen nicht nur gewichtige grundsätzliche methodische Einwände, sondern auch die Fragwürdigkeit spezieller Verfahrensweisen wie die Aggregation der Gesundheitsauswirkungen mittels Kohlenstoffmonoxid- oder neuerdings Stickstoffoxidäquivalente, die auch vom Umweltrat als nicht nachvollziehbar bezeichnet werden (SRU, 1994).

### 1.2 Zum Aufbau der Studie

In der als Technikfolgenabschätzung (TA-Analyse) konzipierten Studie stellen die bereits vorgestellten Optionen die zentrale methodische Verknüpfung von Fallstudienauswertungen und Simulationsrechnungen dar. Sie sind Grundlage für Interpretationen der Ergebnisse der Untersuchung im Hinblick auf die angestrebte effizientere und umweltverträglichere Verkehrsgestaltung.

Einleitend wird in **Kapitel 2 „Stand und Entwicklungstendenzen ausgewählter Telematikdienste“** eine Übersicht über die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten dieser neuen Dienste gegeben. Weiterhin wird ein Ansatz für eine Strukturierung der Instrumente des Verkehrs- und Mobilitätsmanagements vorgestellt.

In **Kapitel 3 „Fallstudien zum Einsatz neuer Techniken und Diensten im Ballungsraumverkehr“** werden die Erfahrungen nationaler und internationaler Projekte ausgewertet und interpretiert. In den **Optionen (1) und (2)** werden verschiedene technische und organisatorische Modelle des Einsatzes von Telematik-Techniken und -Diensten, die der Verbesserung der Verkehrsinformation und der aktiven Verkehrsablaufsteuerung dienen, auf der Grundlage von *Fallstudienauswertungen* untersucht und im Hinblick auf die Ziele eines effi-

zienteren, umweltverträglicheren Personenverkehrs in Ballungsräumen analysiert und bewertet. Von besonderem Interesse sind dabei die Erfahrungen aus US-amerikanischen Projekten, da in den USA die Einführung dieser neuen Techniken bereits seit mehr als einem Jahrzehnt gezielt gefördert und praktiziert wird. Anschließend wird auf die Situation in Deutschland eingegangen. Da hier im Vergleich zu den USA sehr unterschiedliche organisatorische, rechtliche und infrastrukturelle Voraussetzungen für den Einsatz der IuK-Techniken im Verkehrsbereich vorliegen, unterscheiden sich auch die entsprechenden Umsetzungsmöglichkeiten für diese neuen Techniken und Dienste deutlich. Das Ergebnis eines „strukturierten Fachgesprächs“ mit Experten ist Grundlage für die gewonnenen Einschätzungen.

Auch bei **Option (3)** – Mobilitätsmanagement durch verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr und neue Formen eines „kooperativen Individualverkehrs“ – sind die Erfahrungen ausgewählter Projekte im nationalen und internationalen Bereich die Grundlage der Analyse. Die Bedingungen und Potenziale eines attraktiven öffentlichen Verkehrs werden am Beispiel des „Karlsruher Modells“ dargestellt. Im internationalen Bereich geben die EU Forschungsprojekte ICARO (Increase of CAR Occupancy) und CAPTURE (CARs to Public Transport in URban Environment) sowie die Erfahrungen mit Projekten der Schweiz zur „kombinierten Mobilität“ Hinweise für neue Gestaltungsmöglichkeiten des Ballungsraumverkehrs. In Zukunft werden auch aus den vom BMBF geförderten Leitprojekten „Mobilität in Ballungsräumen“ entsprechende Erfahrungen und Hinweise für die Einrichtung neuer Dienste zu erwarten sein.

Die Umsetzung der Forderung nach der „Stadt der kurzen Wege“ setzt die Kenntnis der für deutsche Ballungsräume typischen räumlichen und verkehrlichen Strukturen voraus. In **Kapitel 4 „Überblick zur räumlichen und verkehrlichen Struktur deutscher Ballungsräume“** werden einige grundsätzliche Verkehrskenngrößen für die untersuchten Ballungsräume zusammengestellt. Weiterhin werden, um die räumliche Struktur der Verkehrsbeziehungen näherungsweise zu beschreiben, die zwischen der Kernstadt und dem Umland in den Ballungsräumen stattfindenden Verkehrsbewegungen für unterschiedliche Verkehrszwecke untersucht. Vorrangiger Untersuchungsgegenstand ist neben dem *Berufspendlerverkehr* insbesondere der ständig steigende *Freizeitverkehr*. Grundlage für diese Auswertungen ist die „Matrix 97“, eine Datenbasis, die im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und der Deutschen Bahn AG erstellt wurde und die das Aufkommen der Quell-Ziel-Verkehre im Personenverkehr in Deutschland für unterschiedliche Verkehrszwecke beschreibt. Als geeignete Auswahlgrundlage sind für diese Analyse – entsprechend einer Klassifikation des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) – 14 Räume um die bevölkerungsstärksten Städte in den alten und neuen Bundesländern anzusehen.

Simulationsrechnungen sind ein geeignetes Instrument, um die Realisierbarkeit, die Wirkungen und die Folgen des Einsatzes neuer Techniken und Dienste zu untersuchen und darüber hinaus deren Potenziale im Hinblick auf die Erreichung vorgegebener Ziele quantitativ zu bestimmen. In **Kapitel 5 „Simulationsrechnungen zum Einsatz neuer Techniken und Dienste im Ballungsraumverkehr“** wurden Modellrechnungen zur verkehrlichen Wirksamkeit und zu den Folgen des Einsatzes von Telematik-Techniken und -Diensten für die Bedingungen des Ballungsraums München durchgeführt. Die Modellrechnungen orientieren sich an den gewählten Optionen. So werden zu den **Optionen (1) und (2)** Simulationsrechnungen zum Einsatz von IuK-Techniken für verbesserte Leitempfehlungen im Modellballungsraum München durchgeführt. Dabei werden die Fälle „Telematikeinsatz im morgendlichen Berufsverkehr“ und „Telematikeinsatz im Urlaubsverkehr an einem ausgewählten Werktag in der

Ferienzeit“ unterschieden. Im Rahmen von **Option (3)** - Mobilitätsmanagement durch verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr und neue Formen eines „kooperativen Individualverkehrs“ – werden Simulationsrechnungen zu ausgewählten Aspekten der neuen Ansätze durchgeführt, wie insbesondere die Erhöhung der Besetzungszahl der Fahrzeuge durch die Bildung von Fahrgemeinschaften. Um die Potenziale dieser neuen Konzepte für die Bedingungen deutscher Ballungsräume zu untersuchen, sind weitere Modellanalysen, insbesondere zur Vernetzung des öffentlichen mit dem Individualverkehr, empfehlenswert, die im Rahmen dieses Vorhabens nicht durchgeführt werden konnten.

Die Bedeutung **neuer Konzepte für den Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen (Option 4)** ergibt sich aus dessen überproportionalen Umweltauswirkungen in Bezug auf die in diesem Verkehrsbereich erbrachte Fahrleistung. In **Kapitel 6** werden quantitative Abschätzungen zu den Emissionen dieses Verkehrssektors im Modellballungsraum München vorgestellt. Unter Wirtschaftsverkehr ist hier der Güterverkehr sowie der Verkehr in Ausübung des Berufs, jedoch ohne den Berufspendlerverkehr von und zum Arbeitsplatz zu verstehen. In dieser Option werden ausgewählte Erfahrungen mit der Vorbereitung und den ersten Umsetzungen einer kooperativen bzw. gebündelten Anlieferung von Gütern im Ballungsraum, speziell im Innenstadtbereich, ausgewertet.

Sowohl in den USA, hier speziell im Bundesstaat Kalifornien, wie auch in Europa werden in den kommenden Jahren erheblich strengere Emissionsstandards für Pkw und Lkw wirksam. In **Kapitel 7 „Zur Auswirkung neuer Emissionsminderungstechniken auf die zukünftige Immissionsentwicklung in Ballungsräumen“** werden die Auswirkungen dieser neuen Standards auf den Ballungsraumverkehr mittels detaillierter Modellrechnungen näher untersucht. Es wird auch darauf eingegangen, inwieweit diese neuen Grenzwerte ausreichen, um die Umweltqualitätsstandards, wie z. B. die der 23. BImSchV und der Vorgaben des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI), einer Arbeitsgruppe der Umweltministerkonferenz, zu erfüllen.

Im **Kapitel 8 „Zur Eignung verkehrswissenschaftlicher Bewertungsverfahren für Technikfolgenabschätzungen neuer Techniken und Dienste im Verkehrsbereich“** werden die vorliegenden Verfahren zur Erfassung, Berechnung und Bewertung von Projekten der Verkehrsinfrastruktur analysiert und bezüglich ihrer Einsetzbarkeit zur Bewertung der hier entwickelten Optionen untersucht. Dabei steht die methodische Behandlung der Umweltauswirkungen im Vordergrund. Betrachtet werden insbesondere die Verfahren und Kriterien, die mit der „Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) 1992“, den „Empfehlungen für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung an Straßen (EWS) 1997“ sowie der „Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs“ bei den entsprechenden Planungs- und Entscheidungsprozessen gesetzlich vorgegeben sind. Dabei werden auch neuere Bewertungsverfahren einbezogen, die die Umweltauswirkungen sowohl umfassender als auch auf differenziertere Weise berücksichtigen als die bisherigen, wie das im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelte „Verfahren zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung“.

## 2 Stand und Entwicklungstendenzen ausgewählter Telematikdienste

Etwa seit Beginn der 90er Jahre gewann die Telematik auch für den Einsatz im Verkehrswesen zunehmend an Bedeutung. Waren zuvor vornehmlich einschlägige Fachkreise und Industriefirmen mit dieser Thematik beschäftigt, erlangte sie zu dieser Zeit auch in Politik und Öffentlichkeit entsprechende Aufmerksamkeit. Wurden der Telematik seitens der Politik insbesondere Mitte des Jahrzehnts wichtige Lösungsbeiträge in Bezug auf die Verkehrsprobleme zugeschrieben und durch die Industrie beträchtliche Marktvolumina prognostiziert, wich die Euphorie in den letzten Jahren zugunsten einer Versachlichung und stärkeren Problemorientierung.

Die „Konjunktur“ der Verkehrstelematik hatte zwei Hauptursachen. Zum einen wurden und werden durch die rasante Entwicklung bei den modernen IuK-Techniken völlig neue Anwendungen und Dienste - auch in bisher aus verschiedenen Gründen nicht erschließbaren Verkehrsträgern und Einsatzfeldern - ermöglicht. Zum anderen werden von ihr Beiträge zur - zumindest vorläufigen - Lösung der sich aufgrund der prognostizierten Zunahme der Verkehrsmenge ergebenden Probleme erwartet.

In der TAB-Verkehrsstudie (Halbritter u.a., 1999) wurde deutlich gemacht, dass die Einführung von IuK-Techniken im Verkehrsbereich nicht ein allein von technischen Entwicklungsmöglichkeiten determinierter Prozess ist, sondern dass hier vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten für staatliche und private Partner bestehen, je nach Zielvorgaben der Verkehrs-, Wirtschafts- oder Umweltpolitik. Es wurden dabei Maßnahmen *zur informativen, empfehlenden und direktiven Lenkung des Verkehrs* im Rahmen eines regionalen Verkehrsmanagements unterschieden, die sich aus dem Umfang und der Eingriffstiefe der Maßnahmen ergeben.

- Durch die Weitergabe von Informationen allein lassen sich bereits Lenkungswirkungen erzielen („*informativ Lenkung*“). Dies gilt beispielsweise für Stau- oder Unfallmeldungen. Auch eine Lenkung über Preissignale könnte – zumindest solange den Verkehrsteilnehmern tatsächliche verkehrliche Alternativen zur Verfügung stehen – als informative Lenkung verstanden werden. Für die Beurteilung der verkehrlichen Wirksamkeit ist die Kenntnis der Nutzerreaktionen, der durch die Information hervorgerufenen Verhaltensweisen, von zentraler Bedeutung. Für eine technisch unterstützte Informationsvermittlung eignen sich kollektive wie individuelle Systeme; bei der Übertragung über individuelle Systeme ist die Kenntnis der Ausstattungsquote der Verkehrsteilnehmer mit solchen Systemen ein weiteres wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Wirkungspotenziale.
- Eine weitere Möglichkeit ist die Weitergabe von Informationen in Verbindung mit Empfehlungen zum Verkehrsverhalten, beispielsweise zur Routenwahl oder zur Wahl des Verkehrsmittels („*empfehlende Lenkung*“). Für die Beurteilung der verkehrlichen Wirksamkeit ist auch hier die Kenntnis der Nutzerreaktionen, insbesondere des Grades der Befolgung von Empfehlungen, von zentraler Bedeutung. Für eine technisch unterstützte Weitergabe von Informationen und Empfehlungen eignen sich kollektive wie individuelle Systeme; bei der Nutzung individueller Systeme ist hier ebenfalls die Kenntnis der Ausstattungsquote der Fahrzeuge mit solchen Systemen ein weiteres Beurteilungskriterium für die Wirkungspotenziale.

- Die größte Eingriffstiefe ist mit der Verkehrslenkung durch Ge- und Verbote im Sinne der Straßenverkehrsordnung („*direktive Lenkung*“) verbunden. Die grundsätzliche Eignung zur Verkehrslenkung ist hoch, insbesondere dadurch, dass das Spektrum der möglichen Nutzerreaktionen durch die Ge- und Verbote weitgehend eingeschränkt ist. Für eine durch IuK-Techniken unterstützte direktive Lenkung lassen sich derzeit nur kollektive Systeme einsetzen. Individuelle Systeme können lediglich ergänzend Verwendung finden, es sei denn, sie würden als Pflichtausstattung von Fahrzeugen vorgeschrieben. Dies dürfte aber Probleme mit der *internationalen Kompatibilität* aufwerfen.

Neben ihrem Einsatz im Bereich des klassischen Verkehrs- und Mobilitätsmanagements gestatten IuK-Techniken im Verkehrsbereich auch eine *Erweiterung des Verkehrsangebots durch neue Mobilitätsdienste*. Strukturelle Maßnahmen, die den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur und die Einsatzmöglichkeiten von IuK-Techniken abstimmen, sind ebenfalls von erheblicher Bedeutung für das Verkehrsangebot und die Verkehrsnachfrage (Abb. 3). Die für das Verkehrs- und Mobilitätsmanagement sehr bedeutenden *preislichen Maßnahmen* werden im Rahmen dieser Studie nicht untersucht. Ihre Realisierbarkeit, Wirksamkeit und Folgen waren Gegenstand der genannten TAB-Verkehrsstudie. Dort wurden auch erstmals die Wirkungen und Folgen preislicher Maßnahmen im motorisierten Individualverkehr auf private Haushalte in Abhängigkeit von deren Einkommenshöhe durchgeführt.

Für eine Verbesserung der Verkehrsinformation können die bereits erwähnten *Telematik-Dienste* ebenfalls Anwendung finden. Einige dieser Dienste sind bereits auf dem Markt, andere sind erst konzipiert bzw. befinden sich noch in der Entwicklung. Nachstehend werden wichtige Dienste in ihrer Funktionalität kurz vorgestellt, wobei sowohl zwischen Diensten für den öffentlichen Verkehr (ÖV) und für den Individualverkehr (IV) als auch zwischen Diensten, die vor Reiseantritt nutzbar sind (*pre-trip*), und Diensten, die eine Informationsverbesserung während der Reise (*on-trip*) ermöglichen, unterschieden wird.

### *Systeme zur Information vor Fahrtantritt (pre-trip-info)*

Durch eine Verbesserung des Umfangs und der Qualität der bereits vor Fahrtantritt vorliegenden Informationen wird die Möglichkeit eröffnet, dass die Verkehrsteilnehmer eine dem Verkehrsangebot und der tatsächlichen Verkehrssituation entsprechende Entscheidung über die zu nutzenden Verkehrsmittel sowie die Route, den Zeitpunkt und auch das Ziel bereits am Ausgangspunkt ihres Weges treffen können. Dazu dienen u.a. Systeme wie die *elektronische Fahrplanauskunft* in unterschiedlichen Komplexitätsstufen, die *grafische Darstellung der aktuellen Situation im Straßenverkehrsnetz* (beispielsweise über Internet oder andere grafikfähige Ausgabemedien) oder auch eine *kombinierte IV/ÖV-Routenplanung*.

Untersuchungen haben gezeigt, dass viele Pkw-Fahrer nur unzureichend über die Alternativen zur Pkw-Nutzung informiert sind und darum die Vorteile des Pkw im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln erheblich überschätzen. Durch die Bereitstellung einfach zugänglicher und kundenspezifisch aufbereiteter Informationen zur Leistungsfähigkeit und zum Angebot des ÖV erhofft man, einen Anreiz zur Verlagerung zugunsten des ÖV zu schaffen. Die Unternehmen des öffentlichen Verkehrs arbeiten seit einigen Jahren daran, Systeme für die elektronische Fahrplaninformation aufzubauen und miteinander zu verknüpfen, über verschiedene Übertragungswege (Internet, Mobilfunk) zu verbreiten und zunehmend komfortabler zu gestalten.

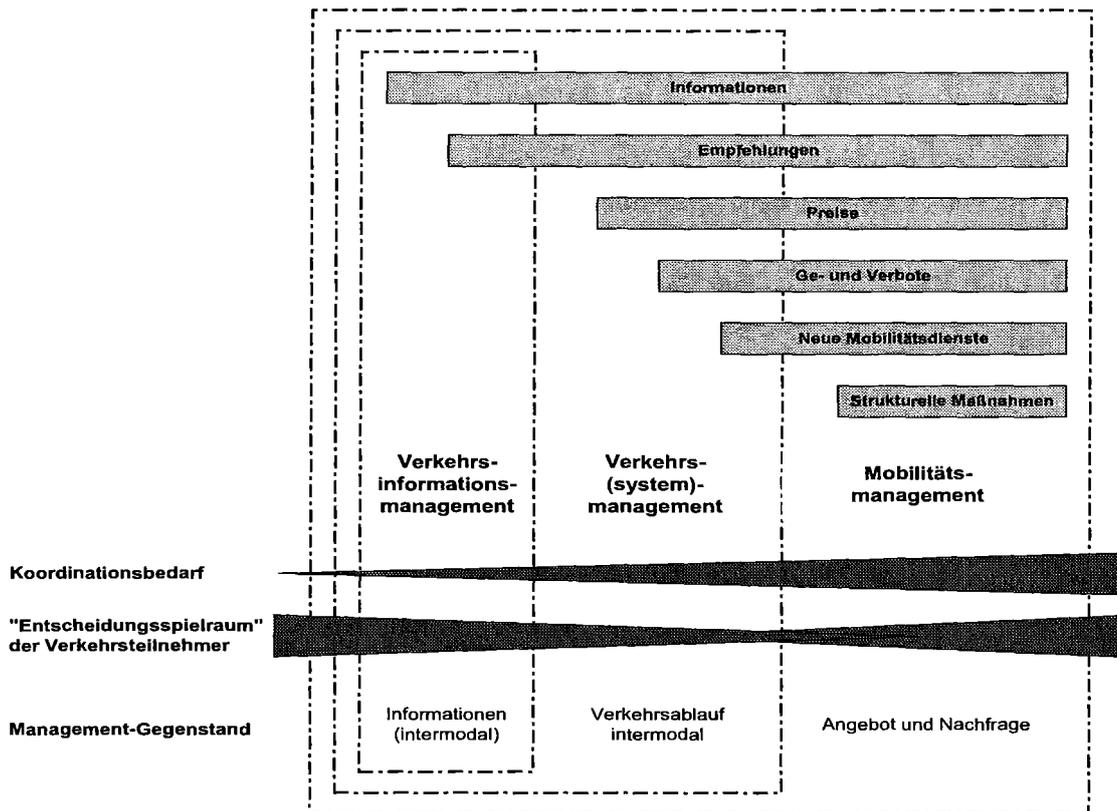


Abb. 3: Vorschlag für eine grundsätzliche Strukturierung der Gestaltungsmöglichkeiten des Verkehrs- und Mobilitätsmanagements mittels IuK-Techniken

### Kollektive Verkehrsinformationssysteme für den Straßenverkehr (on-trip-info)

Kollektive Verkehrsinformations- und -leitsysteme finden seit geraumer Zeit Anwendung. Zu nennen sind hier u.a. der Verkehrsrundfunk, Wechselwegweiser, Stau-, Nebel- und Glätteiswarnanlagen sowie Linienbeeinflussungsanlagen<sup>1</sup>. Bei Verkehrsinformationssystemen unter Nutzung des öffentlichen Rundfunks (ARI/ARIAM, RDS/TMC und DAB) liegt der Schwerpunkt auf Informationen zu Vorfällen auf Bundesfernstraßen, auch entsprechende Umleitungsempfehlungen werden gegeben. Die Übertragung von Verkehrsinformationen mittels RDS/TMC gestattet – insbesondere bei Nutzung einer automatischen Meldekette – eine Beschleunigung des Informationsweges gegenüber der konventionellen Rundfunkübertragung sowie seitens des Fahrers eine Filterung der Informationen im Hinblick auf die für seinen Weg relevanten Mitteilungen. Wechselwegweisungsanlagen bzw. Netzbeeinflussungsanlagen dienen dem Ausgleich von Verkehrsbelastungen in Maschen des Verkehrsnetzes (vornehmlich von Autobahnen) und der Umleitung von Verkehrsströmen im Falle von Störungen. Streckenbeeinflussungsanlagen, bei denen Warnungen und Gebote für die Autofahrer bei Gefahrensituationen sowie zulässige Höchstgeschwindigkeiten bei hohen Verkehrsbelastungen oder ungünstigen Witterungsverhältnissen mittels Wechselverkehrszeichen der Straßenverkehrs-

<sup>1</sup> Wechselverkehrszeichen auf Schilderbrücken entlang einzelner Strecken (Linien), die auf eine Harmonisierung des Verkehrsflusses (Vermeidung hoher Differenzgeschwindigkeiten) oder auf die Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Warnung bei Staus, Unfällen, Baustellen oder ungünstigen Witterungsbedingungen hinweisen (Siegle, 1996).

ordnung dargestellt werden, tragen zur Erhöhung der Durchlässigkeit und zur Verbesserung der Verkehrssicherheit auf einem Streckenabschnitt bei. Diese Dienste werden gegenwärtig durch öffentliche Einrichtungen – oder mit deren Unterstützung – bereitgestellt.

Eine weitere Form von kollektiven Verkehrsinformationssystemen sind *Parkinformations- und -leitsysteme*. Durch diese werden Kfz-Nutzer über den Weg zu Parkplätzen – vorzugsweise in Innenstädten und zu Park-and-Ride-Anlagen – informiert. *Dynamische Parkleitsysteme* weisen zudem auf den Belegungsgrad bzw. auf freie Kapazitäten der Parkhäuser und P+R-Anlagen hin. Parkinformations- und -leitsysteme dienen vornehmlich dazu, den Parksuchverkehr vor allem in den Innenstädten merklich zu reduzieren sowie die Kfz-Nutzer über Umsteigemöglichkeiten und Umsteigepunkte in den öffentlichen Nahverkehr in Kenntnis zu setzen. Derartige Systeme sind heute weit verbreitet.

### *Individuelle Informations- und Leitsysteme für den Straßenverkehr (on-trip-info)*

Individuelle Informations- und Leitsysteme versorgen den Verkehrsteilnehmer mit individualisierten, auf seine Verkehrsnachfrage zugeschnittenen Informationen zur Verkehrs- und Parkraumsituation. Sie können auch Empfehlungen zur Routen- und zur Verkehrsmittelwahl geben. Darüber hinaus werden nicht unmittelbar verkehrsbezogene Dienstleistungen wie etwa Hotelinformationen und -buchungen oder Informationen über Freizeitmöglichkeiten angeboten. Den individuellen Informations- und Leitsystemen wird in Marktprognosen ein großer Anteil am Telematik-Gesamtmarkt vorhergesagt.

Mit besonderer Intensität verfolgt wird die Einführung *individueller dynamischer Zielführungssysteme*, mittels derer Informationen zur aktuellen Verkehrssituation empfangen und verarbeitet sowie daraus abgeleitete Routen- und Leitempfelungen gegeben werden können. Für die Realisierung solcher Systeme wurde durch die Privatwirtschaft ein Netz zur Erhebung von Straßenverkehrsdaten aufgebaut, erste Dienste sind bereits kommerziell verfügbar.

Derzeit auf dem Markt befindliche individuelle Informations- und Leitsysteme dienen zunächst nur der Information. Die Befolgung von Empfehlungen, die durch solche Systeme gegeben werden, ist nicht obligatorisch. Es ist zu erwarten, dass sich bei den privatwirtschaftlich vermarkteten Diensten nur solche durchsetzen werden, die dem Kunden einen individuellen Nutzen – vor allem einen Informationsvorsprung gegenüber anderen Verkehrsteilnehmern – vermitteln. Privatwirtschaftlich vermarktete Dienste werden für direkte Eingriffe in das Verkehrsgeschehen kaum Anwendung finden.

Grundsätzlich ließen sich unter Verwendung von individuellen Informations- und Leitsystemen auch Möglichkeiten zur direktiven Verkehrslenkung und zum Verkehrsmanagement erschließen. Jedoch können nur Systeme, die jedem zur Verfügung stehen, zur direktiven Verkehrslenkung genutzt werden. Für diese Zwecke einzusetzende individuelle fahrzeuginterne Systeme müssten dann zur Pflicht gemacht werden. Sie könnten in diesem Fall die ebenfalls für diese Zwecke einsetzbaren kollektiven Dienste, zum Beispiel Wechselverkehrszeichenanlagen zur Streckenbeeinflussung, ergänzen. Ein vollständiger Ersatz kollektiver Systeme dagegen dürfte sehr unwahrscheinlich sein.

### *Telematiksysteme für den öffentlichen Verkehr (on-trip-info)*

Für die Verbesserung der Information bei ÖV-Nutzern während ihrer Reise wurden zahlreiche Systeme entwickelt, einige davon befinden sich (in Deutschland nur punktuell) bereits im

Dauereinsatz. Zu diesen *Reisendeninformationssystemen* zählen u.a. Anzeigen an den Haltestellen, die über die aktuelle Betriebssituation (tatsächliche Ankunfts- bzw. Abfahrzeiten, Störungen) informieren, sowie Infosäulen oder Terminals an Haltestellen oder in Fahrzeugen, mittels derer beispielsweise Anschlussverbindungen gesucht oder Routenplanungen modifiziert werden können. Während Systeme zur Fahrgastinformation unter Verwendung von Echtzeit-Daten beim schienengebundenen Verkehr in Deutschland inzwischen eine gewisse Verbreitung erreicht haben, sind sie beim Busverkehr bislang nur vereinzelt im Einsatz.

Ein weiteres System soll hier Erwähnung finden, das sich einer strengen Einordnung in die gewählte Systematik entzieht: Systeme zur dynamischen Anschlusssicherung wenden sich weniger an den ÖV-Kunden als vielmehr an die Fahrzeugführer im ÖV. Sie dienen dazu, insbesondere auf den wenig frequentierten Strecken am Stadtrand bzw. auf dem Lande die Fahrer von ÖV-Fahrzeugen über Verspätungen von Zubringerfahrten zu informieren und dadurch den Anschluss noch zu gewährleisten. Von der so gesteigerten Zuverlässigkeit des öffentlichen Verkehrssystems wird ein Attraktivitätsgewinn für den ÖV erwartet.

### *Telematiksysteme für den Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen*

Die unmittelbaren Akteure im Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen können grundsätzlich ebenso wie die des Straßenpersonenverkehrs kollektive und individuelle Pre- und On-Trip-Leitsysteme in Anspruch nehmen.

Die Hoffnungen für einen effizienteren und umweltverträglicheren Gütertransport in Ballungsräumen durch den Einsatz von neuen Telematik-Systemen sind jedoch vor allem auf die kooperative und gebündelte Anlieferung im städtischen Bereich gerichtet. Entsprechend den in einem Praxisprojekt für Regensburg geplanten Schritten können die folgenden grundlegenden Ausbaustufen bei IuK-Systemen für einen kooperativ abgewickelten Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen unterschieden werden:

- Aufbau der Kommunikationsinfrastruktur für den Online-Datenaustausch unter den Kooperationspartnern (Funktionen: Rolllisten-Zusammenfassung und Abrechnung)
- Aufbau des IuK-Systems für die Funktion der elektronischen Sendungsverfolgung
- Ergänzung des IuK-Systems um weitere Online-Dienste bzw. -Funktionen wie regionale Ausweitung der Kooperation auf die Verkehrsträger Binnenwasserstraße oder Schiene, auf Transportbörsen oder Tourenplanung.

### *Telematiksysteme für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrs- und Mobilitätsmanagement*

Ein wirkungsvolles Verkehrs- und Mobilitätsmanagement bedarf einer institutionellen Etablierung in Form von Verkehrsinformationszentralen, Verkehrsmanagementzentralen und Mobilitätszentralen, in denen die Datenerfassung, die Datenaufbereitung und die Datenbereitstellung im Hinblick auf die zu erfüllenden Aufgaben zu erfolgen hat (siehe auch Kap. 3.2).

Bisher existieren nur erste Bewertungen der verschiedenen Techniken und Dienste. Eine auf der Grundlage formalisierter Kosten-Nutzen-Bewertungen (siehe auch Kap. 8) durchgeführte Analyse (Zackor, Keller, 1999) bestätigt signifikante Nutzenpotenziale für den Einsatz sowohl innovativer als auch konventioneller Verkehrsinformations- und -leitsysteme. Die kollektiven Informations- und Leitsysteme weisen dabei vergleichsweise höhere Nutzen-Kosten-Verhältnisse auf als die betrachteten individuellen Systeme. Konventionelle kollektive

Verkehrsinformations- und -leitsysteme sollten daher nicht durch neue individuelle Systeme ersetzt werden, vielmehr sollten beide Systeme technisch-organisatorisch integriert werden. Um die vorhandenen Potenziale auszuschöpfen sind jedoch noch eine Reihe von Abstimmungen auf konzeptioneller, technischer und organisatorisch-institutioneller Ebene notwendig. Insbesondere die Abgrenzung hoheitlicher Aufgaben und der Umfang der Beauftragung privater Institutionen sind hier zu nennen. Hierbei wird auch die Meinung vertreten, die öffentlichen Diensteanbieter sollten sich aus der allgemeinen Verbreitung von Verkehrsmeldungen, wie sie derzeit über die Rundfunkanstalten erfolgt, zurückziehen und sich lediglich vorbehalten, in akuten Fällen vor Gefahren zu warnen (Sparmann, 2001). Andererseits werden kollektive Zielführungssysteme weiterhin als erforderlich angesehen, da in naher und mittlerer Zukunft nicht mit hohen Ausstattungsgraden bei individuellen Systemen gerechnet werden kann (Beckmann, u.a., 2001). Sollten jedoch in Zukunft nennenswerte Ausstattungsgrade mit individuellen dynamischen Zielführungssystemen erreicht werden, so wird die Gefahr gesehen, dass ein individuelles Nutzeroptimum nicht unbedingt mehr zu gewährleisten ist. Bei mehreren Anbietern ist dann ein Strategie- oder Steuerungsverbund anzustreben (Beckmann, u.a., 2001).

### 3 Fallstudien zum Einsatz neuer Techniken und Dienste im Ballungsraumverkehr

Es liegt bereits eine Reihe nationaler und internationaler Erfahrungen zum Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) im Ballungsraumverkehr vor. Die Auswertung und Interpretation dieser Erfahrungen gestatten einen Überblick über die vielfältigen technischen und organisatorischen Möglichkeiten der neuen Techniken und Dienste. Nachfolgend werden ausgewählte Projekte zum Einsatz von IuK-Techniken im Hinblick auf die Umsetzung eines effizienteren, umweltverträglicheren Personenverkehrs in Ballungsräumen analysiert und bewertet. Diese *Fallstudienauswertungen* orientieren sich an der Strukturierung der Einsatzmöglichkeiten der neuen Techniken und Dienste entsprechend der bereits erwähnten Optionen (Kap. 2):

1. Option *„Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) zur Verbesserung der Verkehrsinformation in Ballungsräumen“*
2. Option *„Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) zur aktiven Verkehrsablaufsteuerung in Ballungsräumen“*
3. Option *„Mobilitätsmanagement durch verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr und neue Formen eines kooperativen Individualverkehrs“*

In den **Optionen (1) und (2)** werden verschiedene technische und organisatorische Modelle des Einsatzes von Telematik-Techniken und -Diensten, die der Verbesserung der Verkehrsinformation und der aktiven Verkehrsablaufsteuerung dienen, untersucht. Da die ausgewerteten Projekte eine enge Kopplung von Informations- und Lenkungsfunktionen beim Einsatz von IuK-Techniken in der Verkehrspraxis ergaben, werden die Optionen 1 und 2 im Folgenden gemeinsam behandelt. Den Schwerpunkt der Analysen bildet die Auswertung US-amerikanischer Projekte, da in den USA die Einführung dieser neuen Techniken bereits seit mehr als einem Jahrzehnt gezielt gefördert und praktiziert wird (Kap. 3.1.1). Auch wenn aus den USA nur erste, vorläufige Ergebnisse bekannt sind, so ist insbesondere die Vorgehensweise bei der Einführung der neuen Techniken und Dienste – *das Innovationsmanagement* – von besonderem Interesse (Halbritter, Fleischer, 2000). In Deutschland liegen im Vergleich zu den USA sehr unterschiedliche organisatorische, rechtliche und auch infrastrukturelle Voraussetzungen für den Einsatz der IuK-Techniken im Verkehrsbereich vor. Daher unterscheiden sich auch die bisher realisierten Umsetzungen dieser neuen Techniken und Dienste in den beiden Ländern (Kap 3.1.2). Das Ergebnis eines „strukturierten Fachgesprächs“ mit Experten und Vertretern der Kommunen, in denen solche Systeme eingesetzt werden oder eingerichtet werden sollen, durchgeführt im Rahmen dieser Studie vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen (ISV) der Universität Stuttgart (Flasche, Wacker, 1999), war Grundlage für die gewonnenen Einschätzungen.

Auch zu **Option (3)** – Mobilitätsmanagement durch verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr und neue Formen eines „kooperativen Individualverkehrs“ – liegen Erfahrungen von Projekten im nationalen und internationalen Bereich vor. Einige Projekte wurden ausgewählt und bezüglich einiger Aspekte näher analysiert. Die Bedingungen und Potenziale eines attraktiven öffentlichen Verkehrs werden am Beispiel des „Karlsruher Modells“ dargestellt. Im internationalen Bereich geben die EU Forschungsprojekte ICARO (Increase of CAR Occupancy) und CAPTURE (CArs to Public Transport in URban Environment) sowie die Erfah-

rungen mit Projekten zur „kombinierten Mobilität“ in der Schweiz Hinweise für neue Gestaltungsmöglichkeiten des Ballungsraumverkehrs.

### 3.1 Einsatz von IuK-Techniken zur Verbesserung der Verkehrsinformation und zur aktiven Verkehrsablaufsteuerung in Ballungsräumen (Option 1 und Option 2)

In den **Optionen (1) und (2)** werden, wie bereits erwähnt, verschiedene technische und organisatorische Modelle des Einsatzes von Telematik-Techniken und -Diensten, die der Verbesserung der Verkehrsinformation und der aktiven Verkehrsablaufsteuerung dienen, auf der Grundlage von *Fallstudienauswertungen* untersucht und im Hinblick auf die Ziele eines effizienteren, umweltverträglicheren Personenverkehrs in Ballungsräumen analysiert und bewertet. Weiterhin werden im Rahmen dieser Option auch *Simulationsrechnungen* zur verkehrlichen Wirksamkeit und zu den Folgen des Einsatzes von Telematik-Techniken und -Diensten am Beispiel des Ballungsraums München durchgeführt (Kap. 5.2 / 5.3).

#### 3.1.1 Erfahrungen aus US-amerikanischen Modellprojekten

Von besonderem Interesse für die Analyse dieser Optionen sind Erfahrungen aus den USA, wo Techniken und Dienste zur Verkehrsinformation und aktiven Verkehrsablaufsteuerung - als Komponenten von dort ITS (Intelligent Transportation Systems) genannten Systemen - seit Anfang der neunziger Jahre im Rahmen einer systematischen staatlich geplanten und koordinierten Projektplanung und -durchführung eingeführt werden. Während in Deutschland individuelle Dienste, wie individuelle Leitsysteme in den Fahrzeugen, im Mittelpunkt des Interesses stehen, spielen in den USA die kollektiven Dienste die vorherrschende Rolle. Grundlage der nachfolgenden Auswertungen sind insbesondere der **Einsatz kollektiver Verkehrsmanagementsysteme für den Ballungsraumverkehr in den Projekten der Metropolitan Model Deployment Initiative (MMDI)** an den vier Standorten New York/New Jersey/Connecticut (NY/NJ/CT), Seattle, Phoenix und San Antonio in Bezug auf Konzeption und Realisierungsbedingungen der neuen Techniken und Dienste. Informationen zu den verkehrlichen Auswirkungen und zu den Umweltauswirkungen der im Jahre 1996 begonnenen Projekte liegen allerdings erst begrenzt vor. Die Analyse der US-amerikanischen Erfahrungen wird auch dadurch erschwert, dass die untersuchten Projekte nicht nur aus organisatorisch-institutioneller, sondern auch aus technischer Perspektive recht heterogen sind: Zum einen beinhalten sie einige in Europa bereits seit langem bekannte und breit eingeführte technische Konzepte wie verkehrabhängige Lichtsignalanlagensteuerungen oder die automatische Regelung des Verkehrs an Bahnübergängen, zum anderen werden aber auch sehr fortgeschrittene Systeme zur Verkehrsinformation (ATIS Advanced Traveler Information System) und zur aktiven Verkehrssteuerung auf der Grundlage neuester Techniken entwickelt und im Rahmen neuer Organisationskonzepte praktisch erprobt. Für solche aktiven Maßnahmen zur Verkehrssteuerung bestehen zum Teil sehr gute Voraussetzungen, da nicht nur die Lichtsignalanlagensteuerung und Wechselwegweisung, sondern auch frei programmierbare Textanzeigen, Möglichkeiten der Verkehrszuflussregelung zu Vorrangstraßen (ramp-metering) sowie High-Occupancy-Vehicle-Lanes (HOV-Lanes) – dies sind Straßenspuren, die nur von Fahrzeugen mit mehreren Fahrzeuginsassen benutzt werden dürfen – als Instrumente zur Verfügung ste-

hen. Zudem verfügen die Modellballungsräume über eine exzellente, mit hohen Investitionen aufgebaute Sensorik zur Verkehrsflussmessung und Verkehrsüberwachung.

ITS werden in den USA vornehmlich zur Effizienzsteigerung des Verkehrssystems eingesetzt, wohingegen ihrem Einsatz zur Verbesserung der Umweltbedingungen keine besondere Bedeutung zugemessen wird. In den limitierten Emissionen aus dem Straßenverkehr wird in den meisten Bundesstaaten ohnehin kein allzu großes Problem mehr gesehen. Nur die Überschreitungen der zulässigen troposphärischen Ozonkonzentrationen in einigen, speziell südlich gelegenen Ballungsräumen, verursacht durch hohe Stickoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen aus dem Verkehr, stellen eine Gefährdung dar, der immer noch große Beachtung geschenkt wird. Zur Lösung dieses Problems sollen die für Kalifornien und einige andere Bundesstaaten langfristig festgelegten sehr strengen Emissionsstandards für Kraftfahrzeuge (ULEV – ultra low emission vehicle und ZEV – zero emission vehicle) beitragen. Die relativ günstige Umweltsituation in den Ballungsräumen ist auch darauf zurückzuführen, dass Dieselmotoren innerhalb dieser Räume so gut wie keine Rolle spielen und daher das Problem der Partikelemissionen keine mit Europa vergleichbare Bedeutung erlangt hat.

Die an den Standorten der MMDI-Projekte geführten Auswertungen galten insbesondere den folgenden Fragen:

- Rolle der IuK-Techniken im Verkehrsbereich insgesamt unter besonderer Berücksichtigung zukünftiger Marktpotenziale,
- Rolle der staatlichen Administration bei der Planung und Durchführung der Projekte und
- Übertragbarkeit der Ergebnisse auf europäische, speziell deutsche Verhältnisse.

#### *Das nationale ITS-Programm der USA*

Grundlage des staatlichen Handelns – und partiell auch das industrieller Aktivitäten im Bereich der Verkehrstelematik – ist das „nationale ITS-Programm“ der USA, das sich nicht zuletzt aus seiner Geschichte heraus, die mit Intelligent Vehicle-Highway Systems (IVHS) begann – auf den Straßenverkehr konzentriert. Das Programm setzt sich aus zwei Schwerpunkten zusammen: der National Intelligent Transportation Infrastructure (NITI) und der Intelligent Vehicle Initiative (IVI). Während IVI eine gemeinsame Initiative von Staat und Industrie ist und sich auf fahrzeugbasierte Telematikanwendungen (vor allem Fahrerassistenz- und Sicherheits-Systeme) konzentriert, ist NITI eine im wesentlichen von staatlichen Stellen getragene Initiative. NITI ihrerseits weist drei Themenfelder auf:

- Eine **Metropolitan Intelligent Transportation Infrastructure** soll die zahlreichen NITI-Komponenten in den Ballungsräumen integrieren.
- Die **Commercial Vehicle Operations Infrastructure** soll existierende Informationen und Datenbanken integrieren, um einen sicheren und effizienten Güterverkehr sowie eine elektronische Abwicklung des Geschäftsverkehrs zu ermöglichen.
- Im Rahmen der **Rural Initiative** wurden Techniken identifiziert, die eine Erhöhung der Sicherheit auf Highways in ländlichen Gegenden und eine Verbesserung von Verkehrsdienstleistungen in ländlichen Gemeinden gestatten.

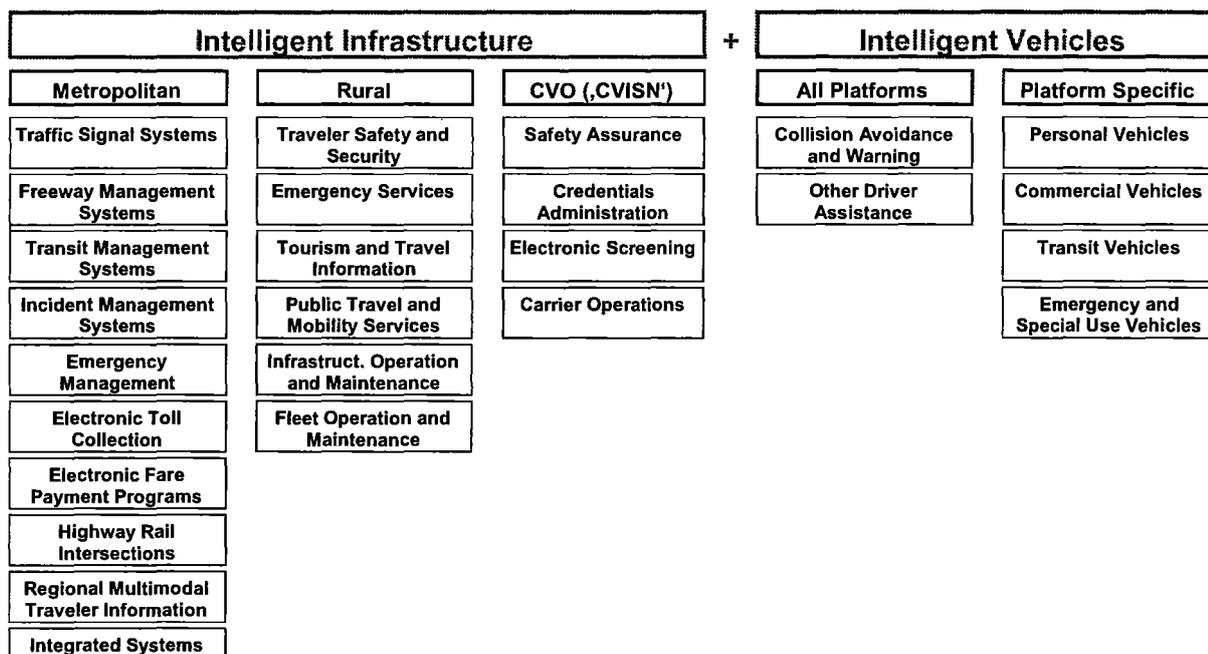


Abb. 4: Übersicht über die Struktur und die Schwerpunkte des nationalen ITS-Programms der USA

Das nationale ITS-Programm (Abb. 4) ist nicht als fixiertes Umsetzungsprogramm zu verstehen, sondern es ist offen für Änderungen, die sich aus veränderten Anforderungen der Politik, aus der technischen Entwicklung, den Marktbedingungen und aus den positiven oder negativen Erfahrungen mit dem Programm ergeben.

Im Jahre 1996 wurde mit der *Operation TimeSaver* ein wesentlicher Umsetzungsschritt für den Einsatz von ITS-Techniken begonnen. Ziel dieser Aktion war es, die Verspätungen der Verkehrsteilnehmer in den gesamten USA um zumindest 15% zu verringern. Um dies zu erreichen, wurden vom US-Verkehrsministerium (US-DoT) die Leitprojekte der MMDI initiiert. Vier Standorte wurden ausgewählt, um eine integrierte ITS-Infrastruktur in Ballungsräumen aufzubauen und die Vorteile von integrierten Verkehrsmanagementsystemen, die gleichzeitig umfassende regionale, multimodale Verkehrsinformationsdienste anbieten, zu demonstrieren. Gleichzeitig wurden Modellanwendungen für Informationssysteme für den Wirtschaftsverkehr (Commercial Vehicle Information Systems and Networks (CVISN)) begonnen. Begleitende, umfassende Evaluationen sind ein wesentlicher Bestandteil sowohl von MMDI wie auch von CVISN. Weiterhin entwickelte das US-DoT 1996 ein Programm zur Förderung des Einsatzes von ITS-Techniken in ländlichen Gebieten.

Im Jahre 1998 startete das US-DoT schließlich eine Initiative für intelligente Fahrzeugkonzepte (Intelligent Vehicle Initiative (IVI)), die sich im Gegensatz zu den anderen Programmen ausschließlich auf den Technikeinsatz in Fahrzeugen bezieht. Bisher befindet sich IVI ausschließlich im Status der Forschung. Staatlich getragene Umsetzungsprogramme sind bisher nicht bekannt (US-DoT, 1998, 1999).

Im Juni 1998 wurde der „Transport Equity Act for the 21<sup>st</sup> Century“ (TEA 21) verabschiedet, der eine verbindliche Rechtsgrundlage für die bundesweite Einrichtung von Telematikdiensten schafft. Dieses Gesetz regelt nicht nur die Finanzierung dieser Dienste, sondern auch wichtige Standardsetzungen bundesweit einheitlich.

Deutlicher Ausdruck für eine fast strategische Vorgehensweise bei der Einführung von IuK-Techniken im Verkehrsbereich ist - neben der gesetzlichen Verankerung der Förderung - **das Rahmenkonzept der „nationalen Architektur“**. Diese soll den flexiblen und erweiterbaren Rahmen für die Entwicklung und Umsetzung von IuK-Techniken im Verkehrsbereich bilden. Die „nationale Architektur“ wurde von Unternehmen entwickelt, die als Systementwickler für Militärtechnik, vor allem im Luft- und Raumfahrtbereich, tätig waren bzw. sind. Dies bringt methodische Ansätze mit sich, durch die auch die „nationale Architektur“ geprägt ist.

Die „nationale Architektur“ beschreibt eine einheitliche Struktur für das Design von ITS (Tabelle 1, Abb. 5). Sie ist ein Rahmenkonzept, kein Systemdesign. Sie definiert den Zielkatalog, die Funktionen, sogenannte „Subsysteme“, in denen die Funktionen umgesetzt werden, die erforderlichen Informationsflüsse sowie die notwendigen Anforderungen an Kommunikationswege. Sie liefert zugleich den Rahmen für die Entwicklung nationaler Standards, um Kompatibilität und Interoperabilität vergleichbarer Produkte verschiedener Anbieter sicherzustellen. Neben der Harmonisierung bestehender Standards werden auch neue Standardisierungserfordernisse geklärt. Die „nationale Architektur“ unterliegt einer permanenten Weiterentwicklung und Aktualisierung. Ihre wichtigen Bausteine sind:

- die *physische Architektur*, die die Beziehungen der verschiedenen Untersysteme, wie Straßen, Fahrzeuge und Leitsysteme, beschreibt,
- die *logische Architektur*, die die funktionalen Zusammenhänge und die Informationsströme zwischen den Untersystemen beschreibt,
- die Einführungsstrategie von ITS,
- die Evaluationsstrategie von ITS und
- die Koordination der *Entwicklung von Standards* zu ITS.

Tabelle 1: Zentrale Elemente der „nationalen Architektur“

Logische Architektur	Physische Architektur	Einführungsstrategie
Funktionelle Perspektive	strukturelle Perspektive	Umsetzungsorientierte Perspektive
<b>31</b> Dienstleistungen	<b>19</b> Untersysteme	<b>59</b> "Market Packages"
Funktionen / Spezifikationen und Informationsflüsse zwischen den Funktionseinheiten	Untersysteme, zusammengesetzt aus Ausstattungspaketen	"Market Packages" sind Bausteine für Dienstleistungen

Die Einführung der neuen IuK-Techniken im Rahmen integrierter Technikkonzepte zusammen mit geeigneten Organisationsmodellen im Verkehrsbereich stellt nach dem Konzept der „nationalen Architektur“ keine klassische „lineare“ Weiterentwicklung von Verkehrstechniken dar, sondern erschließt eine neue Dimension, die ganz neue Produkte und Dienste umfasst. Dies lässt sich als Dreiebenenmodell beschreiben, bei dem sich die Ebene der neuen Produkte und Dienste über der Ebene des realen Transportsystems entwickelt, wobei das Transportsystem wiederum mit der Ebene der institutionellen Strukturen in Wechselwirkung steht. Der Schwerpunkt der konzeptionellen Überlegungen liegt dabei nicht bei der Entwicklung neuer Techniken, sondern bei der Umsetzung (deployment) dieser Techniken im Rahmen neuer Dienste. Die Systematik dieses Konzepts lässt erkennen, dass hier Unternehmen mit militärstrategischen und informationstechnischen Erfahrungen mitgewirkt haben. Sie mag

sicherlich in einigen Bereichen überstrukturiert erscheinen, sie schafft jedoch eine gemeinsame Gesprächsplattform für Entwickler, Anwender sowie Entscheidungsträger in Politik und Wirtschaft und liefert somit einen wichtigen Beitrag zur Strukturierung der Debatte um Erwartungen an und Nutzen von Telematikanwendungen im Straßenverkehr. Zudem werden durch die Entwicklung und Durchsetzung der „nationalen Architektur“ zügig strukturelle und technische Fakten geschaffen, die letztlich auch wettbewerbsrelevant sind und in ihren Auswirkungen auf die europäische Industrie und auf europäische Telematikvorhaben im Bereich Verkehr nicht unterschätzt werden sollten.

Die „nationale Architektur“ sieht weiterhin als wichtigsten Arbeitsschritt bei der Einführung neuer Techniken und Dienste eine für alle Projekte verbindliche *Evaluation*, die sowohl auf der Ebene der Einzelprojekte (local level) als auch projektübergreifend (national level) durchgeführt wird (US-DoT 1998). Im Vordergrund der Evaluation steht kein standardisiertes Verfahren, sondern die Untersuchung wesentlicher Auswirkungsbereiche im Rahmen von Einzelstudien. Ein Hauptziel der externen, projektübergreifenden Evaluation der MMDI-Projekte ist es, die für den erfolgreichen Einsatz neuer Techniken und Dienste notwendigen Voraussetzungen und Bedingungen zu untersuchen, um die *Akzeptanz eines möglichst großen Benutzerkreises für die neuen Produkte und Dienste im Ballungsraumverkehr* zu gewinnen und somit zur Markteinführung innovativer Produkte und Dienste beizutragen. Die Koordination der Evaluationsarbeiten liegt beim US-DoT. Die praktische Durchführung dieser Evaluation erfolgt durch private Dienstleister im Zusammenwirken mit staatlichen Forschungseinrichtungen, u.a. auch mit dem Oak Ridge National Laboratory. Die Evaluation ist damit nicht nur ein Instrument zur Koordinierung der Projektarbeiten, sondern auch ein Instrument zur Schaffung der Rahmenbedingungen für die Erschließung neuer Marktpotenziale.

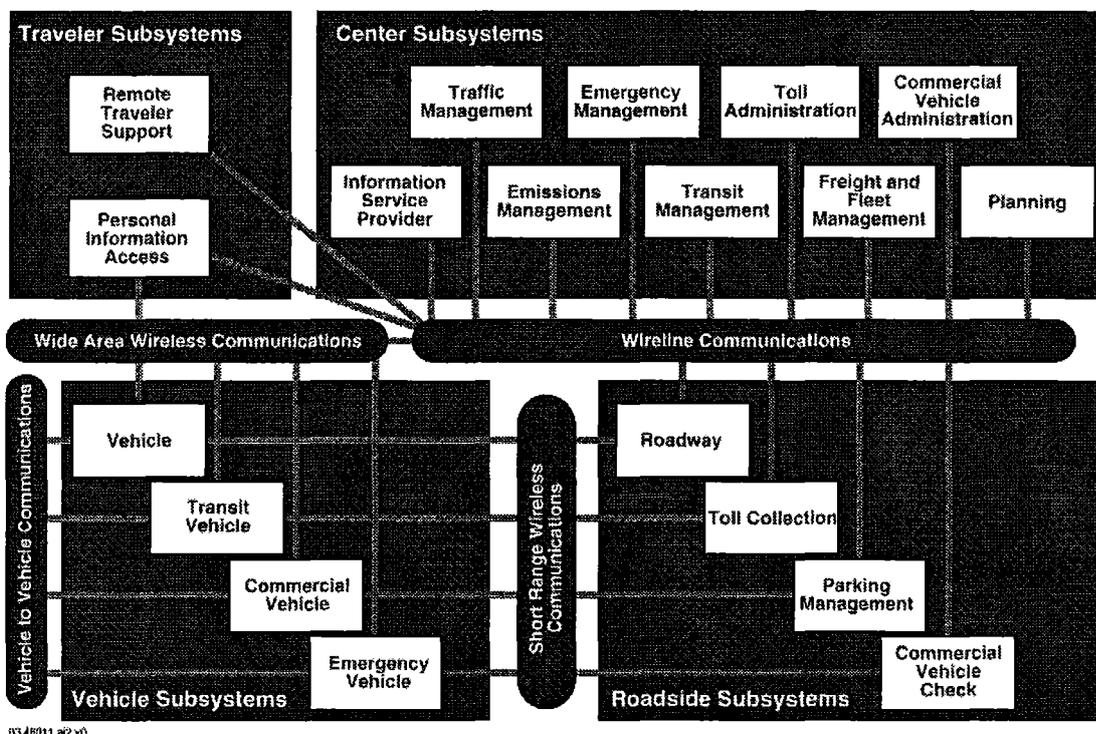


Abb. 5: Die 19 Subsysteme der ‚Physical Architecture‘ und ihre Beziehungen zueinander

*Ausgewählte Pilotprojekte zum Ballungsraumverkehr in den USA*

Die hier dargestellten Auswertungen beziehen sich hauptsächlich auf die bereits genannten MMDI-Projekte, die mit Unterstützung des amerikanischen Bundesverkehrsministeriums (US-DoT) seit 1996 an den vier Standorten New York/New Jersey/Connecticut (NY/NJ/CT), Seattle, Phoenix und San Antonio durchgeführt werden (Tabelle 2). Daneben gibt es eine Reihe weiterer vergleichbarer Projekte (wie das bereits 1991 begonnene ITS-Programm im Bundesstaat Minnesota, *Minnesota Guidestar*), die hauptsächlich aus Mitteln der jeweiligen Bundesstaaten finanziert werden. Eine pointierte Bewertung der US-amerikanischen Erfahrungen ist vergleichsweise schwierig: Einerseits beinhalten die untersuchten Projekte einige in Europa bereits seit langem bekannte und breit eingeführte technische Konzepte wie die verkehrsabhängige Ampelanlagensteuerungen und die automatische Regelung des Verkehrs an Bahnübergängen. Zum anderen werden aber auch sehr fortgeschrittene Systeme zur Verkehrsinformation (ATIS – Advanced Traveller Information System) und zur aktiven Verkehrssteuerung auf der Grundlage neuester Techniken entwickelt und im Rahmen neuer Organisationskonzepte praktisch erprobt (Tabelle 3). Für den Erfolg aktiver Maßnahmen zur Verkehrssteuerung bestehen zum Teil sehr gute Voraussetzungen, da nicht nur die Lichtsignalanlagensteuerung, sondern auch die Wechselwegweisung und Textanzeigen sowie die Verkehrszuflußregelung zu Vorrangstraßen als Instrumente zur Verfügung stehen. Zudem verfügen die Modellballungsräume über eine exzellente, mit hohen Investitionen aufgebaute Sensorik zur (Straßen-) Verkehrsflußmessung und Verkehrsüberwachung.

Tabelle 2: Metropolitan Model Deployment Initiative - Übersicht über die Projekte in den vier Modellballungsräumen

	<b>iTravel</b>	<b>AzTech</b>	<b>TransGuide</b>	<b>Smart Trek</b>
<b>Project Area</b>	New York City Metro Area (New York, New Jersey, Connecticut)	Phoenix, Arizona	San Antonio, Texas	Seattle, Washington
<b>Demographics</b>	18 Mio inh.	3 Mio. inh. in 23 comm.	> 1 Mio.	3 Mio inh. in 63 comm.
<b>Project Start Date</b>	Oct 1996	Oct 1996	Oct 1996	Oct 1996
<b>Project End Date</b>	Dec 1999	Dec 1999	Sep 2000	Dec 1999
<b>MDI operational</b>	exp. Summer 1999	July 1998	Sep 1998	Dec 1997
<b>Estim. Total ITS Funds</b>	10.610.000 USD	7.520.000 USD	7.144.000 USD	13.688.000 USD
<b>Estim. Total Project Cost</b>	15.067.648 USD	18.450.000 USD	13.954.500 USD	54.826.000 USD
<b>Partner</b>	2 (16)	18 (30)	13	25
<b>Lead Organization</b>	<b>TRANSCOM</b>	<b>AzDOT, MaricopaCDOT</b>	<b>TxDOT, SwRI</b>	<b>WSDOT</b>
<b>Metropolitan Components</b>	Regional Architecture Personalised Traveler System Traveler Information Center Transit Itinerary Planning System	Traffic Signal Control Transit Management Transit Information Service Regional Multi-Modal Traveler Information	Real-Time Area-Wide Travel Database Automated Vehicle Identification Railroad Delay Advanced Warning System Traveler Information Kiosks In-Vehicle Navigation Emergency Vehicles Medical Services Management System	29 Components, including: Transit Watch System Busview Dynamic Ride Matching Program 'Traffic Angel' Service Road Weather Info Service Traffic Flow Map

Den US-amerikanischen Verkehrsbedürfnissen entsprechend sind die MMDI-Projekte schwerpunktmäßig auf den Individualverkehr ausgerichtet. Die Projekte iTRAVEL in NY/NJ/CT und SMART TREK in Seattle berücksichtigen jedoch darüber hinaus auch den öffentlichen Verkehr. Beide Ballungsräume verfügen über ein - gemessen an amerikanischen Maßstäben - vergleichsweise umfassendes öffentliches Verkehrssystem und streben die Integration des öffentlichen Verkehrs in das Gesamtverkehrssystem an, um so zumindest ansatz-

weise eine intermodale Struktur von öffentlichem und privatem Verkehr zu realisieren. Alle Projekte, die Mittel der Bundesregierung erhalten, so auch die MMDI-Projekte, müssen die Vorgaben des Rahmenkonzepts der „nationalen Architektur“ einhalten.

Tabelle 3: Metropolitan Model Deployment Initiative - Übersicht über die in den jeweiligen Modellballungsräumen existierenden Telematikanwendungen

Elemente	Abkürz	iTravel	AzTech	TransGuide	Smart Trek
		NY/NJ/CT	Phoenix	San Antonio	Seattle
Traffic Signal Control Saystems	TS	●	X	X	X
Freeway Management Systems	FM	●	X	X	X
Incident Management	IM	●	X	●	X
Electronic Toll Collection	ETC	●			
Emergency Management	EMS	●	X	X	X
Transit Management	TM	●	X	X	X
Electronic Fare Payment	EFP	●	●		●
Railroad Grade Crossing	RRX	●	●	X	●
Traveler Information Systems	ATIS	X	X	X	X

X ... existing and in MMDI ; ● ... existing, not in MMDI

### *IuK-Techniken im Verkehr als Chance für neue Marktpotenziale*

Für Europäer überraschend ist der Optimismus, manchmal sogar die Begeisterung, mit der sich die an den entsprechenden Projekten Beteiligten für den Einsatz der neuen IuK-Techniken im Verkehrsbereich engagieren. Dies wird an den Arbeiten zu den MMDI-Projekten besonders deutlich. Das erhebliche finanzielle und organisatorische Engagement in diesem Bereich wird von der Erwartung getragen, dass IuK-Techniken in allen Lebensbereichen, so auch im Verkehrsbereich, nicht nur zu weitreichenden Veränderungen führen, sondern auch ganz wesentlich zur Lösung der vorhandenen Probleme beitragen werden. Daraus lässt sich jedoch nicht der Schluss ziehen, in den USA liege ein naiver Technikoptimismus vor, vielmehr ist die Einführung neuer Techniken stärker als in Europa am Verbrauchernutzen orientiert. Hierzu trägt auch das Instrument einer systematischen Evaluation bei, das sich nicht auf eine formalisierte Kosten-Nutzen-Analyse beschränkt, sondern eine Vielzahl von Aspekten berücksichtigt, die für die Einführung und erfolgreiche Umsetzung neuer Techniken von Bedeutung sind. Die Projektarbeiten sind insgesamt allerdings sehr von der Überzeugung bestimmt, dass die neuen Techniken erhebliche Entwicklungspotenziale besitzen, so dass Analysen darüber, welchen Beitrag die IuK-Techniken insgesamt zur Lösung der gravierenden Probleme des ständig wachsenden Verkehrs in der Praxis leisten können, keine zentrale Bedeutung beigemessen wird. Auch sind Maßnahmen zur Vermeidung von Verkehr und damit zur Verringerung des Verkehrsaufkommens – so sie überhaupt betrachtet werden – von untergeordnetem Interesse.

Sehr förderlich für die praktische Einführung neuer Dienste auf der Grundlage der IuK-Techniken ist das starke „Dienstleister-Denken“ bei den staatlichen Stellen sowie der im Vergleich zu Europa deutlich andere *Stellenwert, der staatlicherseits erhobenen Informationen* in den USA grundsätzlich zukommt. Der weitgehend ungehinderte Zugriff auf derartige Informationen wird als Recht jedes Bürgers angesehen und die öffentlichen Verwaltungen haben

sicherzustellen, dass die Ausübung dieses Anspruchs auch praktiziert werden kann. Im Bereich der Verkehrsinformationsdienste sind die lokalen Verkehrsbehörden (State DoTs, Counties, Cities) zur Zeit die treibenden Kräfte der Entwicklung. Sie verstehen das Bereitstellen von aktuellen Verkehrsinformationen als staatliche Dienstleistung (Stichwort: "Your gas tax dollars at work"). Von ihnen werden aktuelle Verkehrsinformationen in der Regel kostenlos über unterschiedliche Medien (z.B. Internet, Radio, TV, Telefon(!)) zur Verfügung gestellt. In diesem Zusammenhang ist auch die Initiative einzuordnen, eine bundesweit einheitliche Telefon-Nummer für aktuelle Verkehrsinformationen zu schaffen, die - in Analogie zur Notrufnummer 911 - als N11-Initiative bekannt wurde. Staatliche Einrichtungen stellen die ihnen vorliegenden Verkehrsinformationen auch privaten Diensteanbietern in der Regel kostenlos zur Verfügung. Einige Behörden erwägen, selbst als Anbieter kommerzieller Dienste aufzutreten, um so einen Teil ihrer Aufwendungen zu refinanzieren. So lange hochwertige und genaue Verkehrsinformationen kostenlos zur Verfügung stehen, werden sich neue, kommerziell selbsttragende Märkte wohl nur mit „personalisierten“ Verkehrsinformationen erschließen lassen. Dies wird bereits von einigen Anbietern versucht, wobei MERIT (Metro-Etak Real-Time Information for Travellers) und SmartRoute / SmartTraveller am weitesten fortgeschritten sein dürften.

#### *Der Staat als Initiator neuer Märkte im Bereich der IuK-Techniken*

Überraschend ist weiterhin die Erfahrung, dass die Entwicklung und der Einsatz der neuen Techniken keineswegs der Industrie allein überlassen wird, sondern dass vielmehr *staatliche Institutionen die Einführung von ITS in einer systematischen und konsequenten Weise nicht nur fördern, sondern auch begleiten und gezielt lenken*. Man ist geneigt, angesichts des Fördervolumens für nationale ITS-Programme von einem gigantischen *staatlichen Technikeinführungsprogramm* zu sprechen. Interessant ist dabei auch, dass in Europa mit Telematikdiensten fast ausschließlich *individuelle Leitsysteme* in den einzelnen Fahrzeugen in Verbindung gebracht werden, die bei den Planungen in den USA bisher so gut wie keine Rolle spielen. Vielmehr konzentrieren sich die Bemühungen dort auf den *Einsatz kollektiver Systeme*, die allen Verkehrsteilnehmern zur Verfügung stehen.

Der Bund hat darüber hinaus seine Engagement frühzeitig gesetzlich geregelt. Bereits im Jahre 1991 wurde der „Intermodal Surface Transportation Efficiency Act“ (ISTEA) verabschiedet. Im Jahre 1998 folgte das Nachfolgegesetz, der „Transportation Equity Act for the 21st Century (TEA 21)“. Neben der Regelung der Finanzierung von Infrastruktur-, Verkehrs- und Forschungsprojekten im bodengebundenen Verkehr schafft TEA 21 auch eine verbindliche Rechtsgrundlage für die bundesweite Einführung von Telematikdiensten. Dieses Gesetz regelt nicht nur die Finanzierung dieser Dienste, sondern auch das Vorgehen bei wichtigen Standardsetzungen bundesweit einheitlich.

Der finanzielle Rahmen, der durch TEA 21 von Seiten der amerikanischen Bundesregierung für ITS-Programme im Zeitraum von 1998 – 2003 zur Verfügung steht, umfasst insgesamt 1,282 Mrd. USD (Tabelle 4). Davon sind 603 Mio. USD für Forschung, Feldversuche, Ausbildung und Standardentwicklung vorgesehen. Der wesentliche Restbetrag wird für Programme zur Umsetzung von ITS-Techniken und zum Aufbau entsprechender Infrastruktur eingesetzt. Darüber hinaus werden ITS-Aktivitäten aus weiteren Quellen gefördert, so stehen auch Mittel aus Umweltschutzfonds zur Verfügung, falls ITS-Maßnahmen zur Verbesserung des Verkehrsflusses und damit zur Verbesserung der Luftqualität beitragen.

Tabelle 4: Finanzielle Förderung von ITS-Aktivitäten im Rahmen von TEA 21

Program Category	FY98	FY99	FY00	FY01	FY02	FY03	Total
I. ITS Standards, Operational Tests, Research	95.0	95.0	98.2	100.0	105.0	110.0	603.2
II. ITS Deployment	101.0	105.0	113.0	118.0	120.0	122.0	679.0
A. ITS Integration (Metro, Rural)	74.0	75.0	80.0	83.0	85.0	85.0	482.0
B. CVO Deployment	25.5	27.2	30.2	32.2	33.5	35.5	184.1
„Earmarks“	1.5	2.8	2.8	2.8	1.5	1.5	12.9
<b>Total</b>	<b>196.0</b>	<b>200.0</b>	<b>211.2</b>	<b>218.0</b>	<b>225.0</b>	<b>232.0</b>	<b>1282.2</b>

alle Zahlen in Mio USD

TEA 21 ist auch die Grundlage für die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung der „nationalen Architektur“, die ein Rahmenkonzept für ein gemeinsames Problemverständnis darstellt. Bemerkenswert ist, dass *nicht der Forschungs-, sondern der Umsetzungsaspekt* im Vordergrund steht. Dies wird besonders deutlich durch das umfangreiche Ausbildungsprogramm für die nationale Architektur, das bundesweit für die verschiedenen Organisationsebenen angeboten wird.

TEA 21 verlangt neben der Entwicklung von Richtlinien für die Beschaffung und die unabhängige Bewertung von ITS-Software auch die Durchführung von Lifecycle-Kosten-Analysen für die geförderten Programme. Alle geförderten Programme, die Mittel der Bundesregierung erhalten, insbesondere auch die oben beschriebenen MMDI-Projekte, müssen mit der sogenannten „nationalen Architektur“ und den entsprechenden Standards übereinstimmen.

Das US-Verkehrsministerium (US-DoT) war auch Initiator der Gründung von ITS America, einer Organisation zur Förderung des Einsatzes von IuK-Techniken im Verkehrsbereich. ITS America wird weitgehend aus Mitteln des US-DoT finanziert, zugleich aber auch mit Geldern aus der Privatwirtschaft unterstützt.

#### Zur Übertragbarkeit US-amerikanischer Erfahrungen

Die Übertragbarkeit US-amerikanischer Erfahrungen auf Europa und speziell auf Deutschland ist wegen der andersartigen Bedingungen nur eingeschränkt möglich. Außer den unterschiedlichen räumlichen und administrativen Bedingungen in beiden Ländern sind die gänzlich verschiedenen strukturellen Voraussetzungen, wie der unterschiedliche Ausbaustand des öffentlichen Verkehrsnetzes und der damit verbundene erheblich größere Anteil der öffentlichen Verkehre am Gesamtverkehrsaufkommen in Deutschland, zu berücksichtigen. Angesichts des hohen Stellenwertes des öffentlichen Verkehrs sollten in Deutschland IuK-Techniken daher insbesondere zur verstärkten Vernetzung von öffentlichem Verkehr und Individualverkehr eingesetzt werden. Die Erfahrungen der Projekte iTRAVEL in NY/NJ/CT und SMART TREK in Seattle sind noch am ehesten auf europäische Verhältnisse übertragbar. Wie bereits erwähnt, verfügen beide Ballungsräume – nicht zuletzt aufgrund der dort vorzufindenden geografischen Bedingungen, die einem weiteren Ausbau des Straßennetzes entgegenstehen – über ein vergleichsweise umfassendes öffentliches Verkehrssystem und streben die Integration des öffentlichen Verkehrs in das Gesamtverkehrssystem an, um so zumindest ansatzweise eine intermodale Struktur von öffentlichem und privatem Verkehr zu realisieren.

Weitere Gründe für eine nur bedingte Übertragbarkeit der Erfahrungen ist die in den USA vorliegende erheblich optimistischere Technikeinschätzung, die sowohl innerhalb der allgemeinen Öffentlichkeit wie auch in Expertengruppen vorherrscht, sowie die ganz unterschied-

liche Rolle, die die Freiheit der Information in den USA spielt. Die dortigen Voraussetzungen schaffen wesentlich positivere Bedingungen für die Einführung innovativer Systeme als sie in Europa vorliegen.

Auf zwei Erfahrungen aus den Auswertungen der MMDI sei jedoch verwiesen, von denen eine allgemeine Bedeutung für die Einführung neuer Techniken angenommen werden kann und die somit auch Orientierungscharakter für die Einführung dieser Techniken in Europa und Deutschland besitzen. Dies ist einmal die *systematische, projektorientierte Vorgehensweise* in den USA nicht nur bei der Entwicklung, sondern insbesondere bei der Einführung der neuen Techniken mit maßgeblicher Koordinationsfunktion des Staates sowie weiterhin die Notwendigkeit, *infrastrukturelle Voraussetzungen* zu schaffen, um die Potenziale der neuen IuK-Techniken voll ausschöpfen zu können.

Die in den USA praktizierte Vorgehensweise beruht auf der Einschätzung, dass wichtige Innovationen heute weniger allein auf neuen Einzeltechniken basieren, sondern vielmehr als ganz neue problemlösungsorientierte Systemkonzepte eingeführt werden. Diese erfordern die Schaffung technischer, organisatorischer und infrastruktureller Voraussetzungen. Besonderes Augenmerk wird in den USA darauf gerichtet, dass diese Voraussetzungen das Entstehen neuer Märkte für innovative Produkte und Dienste ermöglichen bzw. begünstigen. Neue Märkte für komplexe technische Systeme, wie gerade die neuen IuK-Techniken, sind entsprechend den amerikanischen Erfahrungen nicht das Ergebnis des *Wettbewerbs konkurrierender Einzelunternehmen unter Status-quo-Bedingungen, sondern einer strategischen Gesamtplanung*, die die organisatorischen und infrastrukturellen Voraussetzungen für die Entwicklung dieser neuen Märkte unter Berücksichtigung des Nutzergewinns der potenziellen Marktteilnehmer schafft. Dabei ist eine Entwicklung zu fördern, die einerseits offen ist für technische Weiterentwicklungen und Angebotsverbesserungen für die Marktteilnehmer, andererseits aber auch notwendige Standardsetzungen festschreibt, die die Übertragbarkeit der Konzepte und die Kompatibilität der technischen Lösungen innerhalb eines großen Marktes sichert. Staatliche Institutionen haben dabei die Aufgabe, diese Entwicklung zu koordinieren. Dies leisten sie, wie bereits erwähnt, auf der Grundlage einer effektiven begleitenden Evaluation der Projekte. Die im Vergleich zu Europa sehr schnelle *kommerzielle Einführung des Internets ist ein Beispiel für den Erfolg dieser Vorgehensweise*. Die in verschiedenen europäischen Staaten entwickelten Informationssysteme haben trotz erheblicher Investitionen bis heute keine Bedeutung auf dem Weltmarkt.

Die Auswertung der MMDI-Projekte zeigt weiterhin, dass die Potenziale der neuen IuK-Techniken nur dann voll ausgeschöpft werden können, wenn entsprechende *infrastrukturelle Voraussetzungen* vorliegen. Verkehrsmanagement erfordert die Möglichkeit, steuernd auf den Verkehrsfluss einwirken zu können. Hierzu sind infrastrukturelle und technische Maßnahmen notwendig, wie Zuflussregelungen des aus Seitenstraßen in Hauptstraßen einmündenden Verkehrs (ramp metering) und HOV-Lanes (HOV - High Occupancy Vehicle). Bei den HOV-Lanes handelt es sich um Fahrspuren, die nur von Fahrzeugen mit zwei oder mehr Fahrzeuginsassen benutzt werden dürfen. *Ramp Metering* hat sich nicht nur in Simulationsrechnungen, sondern auch in der Betriebspraxis als effektives Eingriffsinstrument für eine Kapazitätssteigerung des Hauptstraßensystems erwiesen. Die bisherigen *Erfahrungen mit HOV-Lanes* zeigen allerdings, dass die erwarteten verkehrlichen Wirkungen nicht eingetreten sind, die bei Verhaltensänderungen der Verkehrsteilnehmer durch Bildung von Fahrgemeinschaften theoretisch möglich gewesen wären. So waren die anfangs eingeführten HOV-3 Lanes, dies sind Straßenspuren für Fahrzeuge mit mindestens drei Fahrzeuginsassen, häufig

nicht ausgelastet. Die erhoffte Anreizwirkung zur Bildung entsprechender Fahrgemeinschaften war in der kurzen Einführungsphase zu gering. Eine an kurzfristigen Erfolgen orientierte Politik sah sich deshalb zur Änderung des Konzepts veranlasst – es erfolgte die Öffnung der HOV-3 Lanes für Fahrzeuge mit nur zwei Fahrzeuginsassen und die damit verbundene Umwidmung in HOV-2 Lanes. Damit wurde zugleich das angestrebte Ziel der Änderung des Reiseverhaltens relativiert und nur der Status-quo gefestigt. Oft wird aber auch die Kapazität dieser HOV-2 Lanes nicht ausgenutzt, so dass in der Politik bereits Tendenzen bestehen, das Konzept der HOV-Lanes insgesamt als gescheitert anzusehen.

Die bisherigen Erfahrungen mit HOV-Lanes haben jedoch zu neuen und weitergehenden Überlegungen geführt, um diesem Konzept doch noch zu verkehrlicher Wirksamkeit zu verhelfen. Die Grundidee dabei ist, die HOV-Lanes um eine „value pricing“-Komponente zu ergänzen. Diese „HOT-Lanes“ (High Occupancy Toll Lanes) gestatten gegen entsprechende Gebühr auch Fahrzeugen mit nur einer Person die Benutzung der HOV-Lanes. Die gesetzliche Grundlage für diese Umwidmung ist auf Bundesebene mit dem TEA 21 bereits gegeben. Für die praktische Durchführung sind jedoch noch bundesstaatliche Regelungen erforderlich.

Insgesamt lassen sich also durchaus Erfahrungen aus dem USA auf europäische und speziell deutsche Verhältnisse übertragen. Wie gezeigt, kann dies allerdings nicht auf generelle Weise geschehen, sondern erfordert Interpretationen, die die jeweiligen spezifischen Bedingungen berücksichtigen.

### 3.1.2 Gestaltungsmöglichkeiten von Telematik-Techniken und -Diensten unter Berücksichtigung der Situation in deutschen Ballungsräumen

Da die für die USA beschriebenen organisatorischen, rechtlichen und auch infrastrukturellen Voraussetzungen für den Einsatz der IuK-Techniken im Verkehrsbereich in Deutschland nicht vorliegen, sind die entsprechenden Umsetzungsmöglichkeiten für diese neuen Techniken und Dienste hier insgesamt eingeschränkter. Während in den USA, wie eben ausgeführt, fast ausschließlich kollektive Informations- und Leitsysteme Gegenstand der Entwicklungs- und Einführungsprogramme sind, stehen in Deutschland individuelle Dienste im Mittelpunkt des Interesses. In der vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen (ISV) der Universität Stuttgart im Rahmen eines Unterauftrages zu der bereits genannten TAB-Studie durchgeführten Analyse ausgewählter Pilotprojekte zum Einsatz von IuK-Techniken in den Städten Frankfurt, Stuttgart und München (ISV, 1997) wurde festgestellt, dass der Einsatz der neuen Techniken und Dienste nicht nur neue Möglichkeiten eröffnet, sondern auch mit unerwünschten Folgen verbunden ist. So wurde die verkehrspolitisch gewünschte Verlagerung von Straßenverkehr auf den umweltverträglicheren öffentlichen Verkehr mit den im Rahmen der Pilotprojekte praktizierten Organisationsmodellen nicht oder nur in sehr geringem Umfang erreicht. Fahrzeuge, die mit individuellen dynamischen Zielführungssystemen ausgestattet sind, können zwar deutliche Reisezeitgewinne realisieren, die politisch angestrebte möglichst weitgehende Dienstleistungsfreiheit privatwirtschaftlicher Telematikdienste im Bereich individueller Zielführungssysteme kann jedoch die verkehrspolitischen Konzeptionen der Kommunen und Gebietskörperschaften in erheblichem Umfang berühren.

Die begleitenden Auswertungen deutscher Pilotprojekte wurde vom ISV unter Einbeziehung der Aktivitäten der Städte Hannover und Köln fortgeführt (Flasche, Wacker, 1999). Dabei wurden auch die Erfahrungen des sehr umfangreich angelegten Pilotprojektes der Stadt

Tokio mit berücksichtigt, das ein dynamisches Zielführungssystem im Ballungsraum Tokio beinhaltet. Die Gestaltungsmöglichkeiten eines regionalen Verkehrs- und Mobilitätsmanagements unter Nutzung von IuK-Techniken waren Gegenstand eines „strukturierten Fachgesprächs“, das in einer frühen Phase dieser Studie im Oktober 1997 mit Experten und Vertretern der Kommunen, in denen solche Systeme eingesetzt werden oder eingerichtet werden sollen, durchgeführt wurde. Dieses Fachgespräch wurde ebenfalls vom ISV organisiert und ausgewertet (Flasche, Wacker, 1999). In dem Gespräch wurde deutlich, dass der Einsatz von IuK-Techniken in den verschiedenen Städten sowohl in technischer als auch in organisatorischer Hinsicht sehr unterschiedlich gestaltet und nicht in dem Ausmaß koordiniert wird, wie bei den MMDI-Projekten praktiziert. Nicht nur die Organisationsmodelle für ein regionales Verkehrs- und Mobilitätsmanagement sind unterschiedlich, auch die Möglichkeiten dieser neuen Techniken werden unterschiedlich eingeschätzt. Aus den untersuchten Projekten lassen sich drei **verschiedene Organisationsmodelle für ein regionales Verkehrsmanagement** ableiten, bei denen die unterschiedlichen Rechtsformen auch unterschiedliche Möglichkeiten der Kooperation zwischen staatlichen und privaten Partnern (Public Private Partnership) erschließen:

1. Die Verkehrslenkung erfolgt als hoheitliche Aufgabe in den jeweiligen städtischen Zentralen (z. B. Frankfurt, Hamburg).
2. Als relativ neue Rechts- und Betriebsform im Verkehrsbereich ist der Zweckverband anzusehen. Diesem werden Befugnisse zur Durchführung der regionalen Verkehrslenkung übertragen (z. B. München).
3. Ein privatwirtschaftlich organisiertes Unternehmen wird mit der Durchführung der regionalen Verkehrslenkung beauftragt (z. B. move GmbH, Hannover, als Tochter öffentlicher Institutionen).

Über diese Organisationsformen hinaus sind auch weitere Modelle für den Betrieb eines regionalen Verkehrsmanagements denkbar, die sowohl mit mehrheitlich öffentlicher als auch mehrheitlich privater Beteiligung ausgestattet sein können. Als Akteure könnten neben Landesbehörden oder Regionalverbänden auch private Unternehmen in unterschiedlicher Form beteiligt werden. Der Betrieb eines regionalen Verkehrsmanagements ist auch in der Rechtsform eines Vereins in Anlehnung an das TÜV-Modell denkbar, jedoch sind die genaueren Voraussetzungen für die Realisierung dieses Modells noch zu klären.

Beim Betrieb eines regionalen Verkehrsmanagements kann zwischen verschiedenen Aufgabenbereichen unterschieden werden: der Verkehrssituationsanalyse, der Festlegung der Strategien zur Verkehrslenkung, der situationsbezogenen Entscheidung, der Umsetzung der ausgewählten Strategie sowie der Kontrolle des Betriebs. Mit Ausnahme der Festlegung der Strategien zur Verkehrslenkung, die als hoheitliche Aufgabe einzustufen ist, können alle anderen Aufgabenbereiche jeweils von unterschiedlichen Akteuren wahrgenommen werden (vgl. Tabelle 5).

Regionalverband und Zweckverband haben Vorteile gegenüber privaten Unternehmen, da an diese Verbände hoheitliche Aufgaben der Verkehrssteuerung übertragbar sind, die in einem Gesetz über die kommunale Zusammenarbeit zu regeln sind. Diese Verbände sind von der Steuer befreit, da sie ohne Gewinnerzielungsabsichten arbeiten.

Tabelle 5: Mögliche Akteure eines regionalen Verkehrsmanagements

Aufgabenbereich	Mögliche Akteure					
	Landes- behörde	Regional- verband	Regionales Gremium	Städtische Behörde	Zweck- verband	Private Unternehmen
Verkehrssituationsanalyse	•	•		•	•	•
Strategien zur Verkehrslenkung	•	•	•			
Situationsbezogene Entscheidung	•	•	•	•	•	•
Umsetzung ausgewählter Strategien	•	•	•	•	•	•
Kontrolle des Betriebs	•	•	•	•	•	

Private Unternehmen sind gezwungen, gewinnbringend zu arbeiten, und versprechen daher günstigere Voraussetzungen für eine möglichst große Effizienz und Wirtschaftlichkeit des Betriebs. Dies gilt zumindest dann, wenn eine Konkurrenzsituation zwischen verschiedenen Unternehmen vorliegt. Diese Voraussetzung ist jedoch für den Betrieb eines regionalen Verkehrsmanagements nicht gegeben, da nach Vergabe der Konzession an eine Betreibergesellschaft keine Wettbewerbsbedingungen mehr vorliegen. Daher bleibt es fraglich, ob ein privatwirtschaftlich organisiertes Verkehrsmanagement gegenüber einem öffentlich bzw. halböffentlich organisierten, wie z. B. einem Regional- oder Zweckverband, tatsächlich kostengünstiger arbeiten kann. Zudem muss geklärt werden, ob und welche hoheitlichen Aufgaben an private Unternehmen übertragen werden können und unter welchen Randbedingungen dies möglich ist. Die Erfahrungen mit der Übertragung von Verkehrsinformations- und Verkehrslenkungsaufgaben an die move GmbH in Hannover auf der Grundlage des Beleihungsgesetzes, mit dem hoheitliche Aufgaben an die move GmbH übertragen wurden, waren bisher sehr erfolgsversprechend. Das von move praktizierte kooperative Verkehrsmanagement gestattet es, den Individualverkehr und den öffentlichen Verkehr zu verknüpfen. Die gemeinsame Leitzentrale für die verschiedenen Verkehrsträger, eine in Europa einmalige Einrichtung, hat sich bereits bei mehreren Großveranstaltungen, wie der CeBIT 2000 und der EXPO 2000 bewährt. Das Ziel der Verkehrsmanagementstrategie von move, die Verkehrsströme auf leistungsfähigen Haupttrouten zu konzentrieren und sie mit modernen Verkehrslenkungssystemen ohne größere Störungen sicher und komfortabel zum Ausstellungsgelände oder zu dezentralen P+R-Plätzen zu lenken, wurde zumeist erreicht. Die Zusammenarbeit von move mit öffentlichen Institutionen, wie der Polizei, dem kommunalen Verkehrsunternehmen üstra, den Straßenverkehrsbehörden und anderen öffentlichen Einrichtungen, verlief reibungslos. Es muss jedoch darauf verwiesen werden, dass in Hannover eine Sondersituation vorliegt, da es sich um einen ausgeprägt monozentrischen Ballungsraum mit gut ausgebauter Verkehrsinfrastruktur handelt, in dem Verkehrsprobleme hauptsächlich während der Zeiten von Messerveranstaltungen auftreten. Von einer Übertragung dieses Modells auf andere Ballungsräume kann daher nicht uneingeschränkt ausgegangen werden.

**Die Rolle und die möglichen Auswirkungen individueller dynamischer Zielführungssysteme innerhalb von Ballungsräumen** ist immer noch Diskussionsgegenstand zwischen den unterschiedlichen Beteiligten der Privatwirtschaft und der Gebietskörperschaften. In Deutschland bestehen erhebliche Schwierigkeiten, die *unterschiedlichen Interessenlagen der Beteiligten aus der Privatwirtschaft und dem öffentlichen Bereich* auszugleichen. Die Aktivitäten der Privatwirtschaft orientieren sich prioritär an der technischen Realisierbarkeit von Innovationen und darauf aufbauenden Diensten sowie einer möglichst hohen wirtschaftlichen Rentabilität ihrer Angebote. Die Verantwortung staatlicher Einrichtungen liegt bei der Siche-

rung von Interessen der Bevölkerung, hier unter besonderer Berücksichtigung der Mobilitätsanforderungen sowie einer möglichst umweltverträglichen Abwicklung des Verkehrs. Interessant ist die in Tokio gewählte Vorgehensweise, wo unter Beteiligung der Daimler-Chrysler AG ein Projekt zur individuellen dynamischen Zielführung umgesetzt wurde. Um unakzeptable Belastungen der Bevölkerung durch die Verlagerung von Verkehr vom Vorrangstraßennetz in das untergeordnete Straßennetz zu vermeiden, werden dort Leitempfehlungen nur für das Vorrangstraßennetz ausgesprochen. Um bestimmte Adressen im untergeordneten Straßennetz zu erreichen, ist an das dynamische Zielführungssystem ein statisches gekoppelt, das erst bei Nutzung des untergeordneten Straßennetzes aktiviert wird. Obwohl dieses System technisch seinen Konkurrenten überlegen war, fand es bei den Verkehrsteilnehmern nur sehr eingeschränkt Resonanz, so dass der Dienst zwar nach wie vor betrieben, aber nicht mehr aktiv beworben wird.

Der alleinige Einsatz von Telematikdiensten im motorisierten Individualverkehr (MIV) führt zu einer *wachsenden Attraktivität sowohl dieses Verkehrssystems als auch des Straßengüterverkehrs*. Dazu im Wettbewerb stehende *Systeme des öffentlichen Verkehrs*, die für die meisten Verkehrszwecke schon heute Nachteile aufweisen, werden weiter ins Hintertreffen geraten, wenn für sie nicht im gleichen oder stärkeren Maße Telematikanwendungen zur Attraktivitätssteigerung und Effizienzverbesserung entwickelt und eingeführt werden. Für Europa und speziell für Deutschland mit seinen begrenzten räumlichen Verhältnissen und seinem im Vergleich zu den USA gut ausgebauten öffentlichen Verkehrssystem kann „nachhaltige Mobilität“ hauptsächlich durch **verstärkte Integration und intelligente Verknüpfung der verschiedenen Verkehrsträger** erreicht werden. IuK-Techniken können, wie bereits erwähnt, den grundsätzlichen Systemnachteil sogenannter gebrochener Verkehre durch verbesserte Informationsbereitstellung relativieren oder sogar beseitigen. Da Organisationsstrukturen für intermodale Verkehre oder ein integriertes Gesamtverkehrssystem erst in ihren Anfängen existieren, besteht die Gefahr, dass die Entwicklung und Anwendung der neuen Techniken nicht im notwendigen Umfang verkehrsträgerübergreifend gestaltet wird.

Die Erfahrungen der deutschen Pilotprojekte bestätigen, dass bestimmte technische Konzepte bei den vorliegenden strukturellen Bedingungen keine Chance haben, entwickelt zu werden, da die Voraussetzungen für entsprechende Wettbewerbssituationen und damit auch für potenzielle Märkte nicht vorliegen. Dies gilt besonders für Projekte der Verkehrsvernetzung. Unter den vorliegenden Bedingungen nutzen die verschiedenen konkurrierenden Verkehrssysteme prioritär die Vorteile der neuen *IuK-Techniken für die Optimierung der Verkehrsabläufe des eigenen Systems*. Die verkehrsträgerübergreifende Koordination der Verkehrsabläufe ist bisher nicht so organisiert, wie es den Möglichkeiten moderner IuK-Techniken entspricht. Da keine „Lobby“ für ein integriertes Gesamtverkehrssystem existiert, besteht die Gefahr, dass die neuen Techniken nicht im notwendigen – und technisch-organisatorisch möglichen – Umfang verkehrsträgerübergreifend eingesetzt werden. Ergebnis einer solchen Fehlentwicklung wäre beispielsweise, dass dem ÖPNV nur die Rolle eines „Überlaufgefäßes“ zugewiesen würde. Auch bestätigt die Nichtweiterführung der kombinierten Reiseinformation für den Individualverkehr (IV) und den öffentlichen Verkehr (ÖV) in dem Projekt „Stuttgart Transport Operation by Regional Management“ (STORM) die Schwierigkeiten, die bei einem dauerhaften Betrieb von *Einrichtungen der integrierten Verkehrsinformation und der systemübergreifenden Verkehrslenkung* auftreten.

Einige deutsche Städte haben trotz dieser Schwierigkeiten die baldige **Realisierung eines intermodalen Verkehrsmanagements** angekündigt bzw. ansatzweise auch bereits umge-

setzt. So wird mit der Einrichtung der bereits genannten privaten Betreibergesellschaft move in Hannover ein intermodales Verkehrsmanagement praktiziert, das sich während der Großveranstaltung EXPO 2000 auch bereits bewährt hat. Auch im Rahmen der Leitprojekte „Mobilität in Ballungsräumen“ sind einige Aktivitäten in Richtung der Einrichtung von Verkehrs- und Mobilitätszentralen geplant:

- In Dresden (intermobil Dresden) soll eine Verkehrsmanagementzentrale aufgebaut werden, in der IV und ÖV integriert werden. Von ihr sollen sowohl verkehrslenkende als auch informatorische Aufgaben übernommen werden. Sie beschränkt sich zunächst auf das Stadtgebiet von Dresden, eine Ausweitung auf die Region ist aber zu einem späteren Zeitpunkt vorgesehen. Derzeit wird geprüft, ob und inwieweit der Betrieb der Verkehrsmanagementzentrale privatisiert werden kann. Ebenso wird der Umfang der Einbindung des öffentlichen Verkehrs in die Verkehrsmanagementzentrale noch diskutiert.
- Die Aktivitäten in Frankfurt (WayFlow) fließen unmittelbar in die sich nach wie vor im Aufbau befindliche Verkehrsmanagementzentrale ein. Daneben wird ein Integriertes Verkehrsmanagement (IVM) aufgebaut, während die informatorische Komponente über einen Mobilitätsdienstleister (MDL) ausgegliedert wird.
- In Köln (Stadtinfo Köln) wird als leitprojekt-spezifisches Resultat ein Stadtinfo-Server als Verkehrsinformationszentrale aufgebaut, über den integriert Informationen zum Straßenverkehr in Köln und über den öffentlichen Verkehr (Kölner Verkehrsbetriebe) abgerufen werden können.
- In München (MOBINET) soll eine Verkehrsmanagementzentrale aufgebaut werden, von der aus der Stadtverkehr München über aktuelle Eingriffe gesteuert werden kann. Für den öffentlichen Verkehr verbleibt diese Funktion bei den jeweiligen Betriebsleitzentralen. Korrespondierend arbeitet die Verkehrsleitzentrale mit dem Verkehrsmanagement für die Fernstraßen im Umland Münchens zusammen. Verkehrsinformationen sollen über ein „München Portal“ abgerufen werden können. Dieses „München Portal“ bietet generell alle München-relevanten Informationen an, Verkehrsinformationen werden in dieses Portal integriert sein.
- In Stuttgart (*mobilst*) sind innerhalb von *mobilst* keine speziellen eigenen Aktivitäten zum Aufbau einer Verkehrs- und Mobilitätszentrale geplant. Unabhängig von *mobilst*, wobei *mobilst* selbstverständlich darauf zurückgreifen kann, wird derzeit eine interne Verkehrsinformationszentrale (ViZ) aufgebaut. Ferner bestehen erste Überlegungen zur Einrichtung einer Verkehrsmanagementzentrale.
- Auch in Berlin soll eine Verkehrsmanagementzentrale (VMZ) realisiert werden (PTV, 2001). Es handelt es sich bei den in Berlin seit Juli 2000 online zur Verfügung stehenden Diensten, wie z.B. einem Routenplaner für den Individualverkehr, Informationen über die Parksituation und Fahrpläne des ÖPNV, ausschließlich um Informationsdienste und nicht um aktive Lenkung des Verkehrs. Die von den Firmen debis Mobility Services (Federführung) und der Siemens AG gebildete privatwirtschaftliche Betreibergesellschaft wurde im Oktober 2000 vom Land Berlin mit der Errichtung einer VMZ und eines Detektionsnetzes beauftragt. Dabei wurden an das Konsortium keine hoheitlichen Aufgaben, wie die aktive Lenkung des Verkehrs, übertragen. Daran wird auch die für später geplante Einbeziehung der Berliner Verkehrsbetriebe (BVG) und der S-Bahn in die Betreibergesellschaft nichts ändern.

Trotz dieser Einschränkungen sind aus den Betriebserfahrungen der VMZ Berlin zusammen mit denen aus den Leitprojekten „Mobilität in Ballungsräumen“ interessante Hinweise für die Bewertung der neuen Techniken und Dienste zu erwarten. Daher soll auf die Konzeption der VMZ Berlin kurz eingegangen werden. In der VMZ sollen alle für Berlin verkehrlich relevanten Informationen zusammenfließen. Dazu werden existierende Datenquellen integriert und mit weiteren, neuen Informationsquellen verbunden. Außerdem wird ein Detektionsnetz mit etwa 150 Messpunkten installiert, das die aktuelle Verkehrslage dokumentiert und als Grundlage für die kurz-, mittel- und langfristige Prognose der Verkehrsentwicklung dient. Es fließen Informationen über Parkmöglichkeiten in die VMZ ein und Verkehrsbeeinträchtigungen durch Veranstaltungen oder Baustellen werden erfasst. Um die Integration aller Verkehrssysteme zu ermöglichen, steht die VMZ mit den Leitstellen des öffentlichen Verkehrs sowie den Berliner Flughäfen in Verbindung. Auf der Basis der gesammelten Daten bietet die VMZ verschiedene Dienste, die Berlinern und Berlinbesuchern die Mobilität in der Hauptstadt deutlich erleichtern soll. Sämtliche eingehenden Daten werden ausgewertet und entweder für die Weiterverarbeitung oder direkt für den Benutzer über Internet und mobile Endgeräte zur Verfügung gestellt. So lassen sich beispielsweise mit der aktuellen und prognostizierten Verkehrslage im Internet staugefährdete Straßen umgehen. Der intermodale Router weist den Reisenden den schnellsten Weg, und zwar unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrsverhältnisse und auch in Kombination der verschiedenen Verkehrsmittel. Erweist sich die Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln als schneller, so kann man seinen individuellen Fahrplan gleich ausdrucken. Die kollektiven Dienste über das Internet sind kostenlos, die individuellen Dienste über mobile Endgeräte, wie Navigationssysteme im Auto, sind kostenpflichtig.

Die genannten Beispiele zur Einrichtung von Verkehrsmanagementzentralen in Deutschland zeigen, dass IuK-Techniken nur dann zur Lösung von Verkehrsproblemen - vor allem in den Ballungsräumen - beitragen werden, wenn sie in Abstimmung mit den technischen, organisatorischen und infrastrukturellen Gegebenheiten eingeführt und umgesetzt werden. Um dies erfolgreich zu gestalten, ist neben der Lösung zahlreicher - zum Teil eben angesprochener - Detailfragen aufgrund der Vielzahl der Möglichkeiten von IuK-Techniken im Verkehr vor allem auch eine klare Vorstellung über die zu erreichenden Ziele erforderlich. Ist dies der Fall, so stellen sie ein Lenkungsinstrument dar, mit dessen Hilfe preisliche und ordnungsrechtliche Maßnahmen erheblich effizienter und flexibler umgesetzt werden können, als dies mit dem klassischen Instrumentarium möglich ist.

Ausgehend von dem Verständnis, dass IuK-Techniken im Verkehr in der Regel nicht aus sich heraus im politisch erwünschten Sinne verkehrlich wirksam werden, sondern als **verkehrspolitisches Gestaltungsinstrument** zu betrachten sind, können sie nicht nur für eine einfachere und kostengünstigere Umsetzung bereits etablierter verkehrspolitischer Instrumente und Strategien genutzt werden, aufgrund ihrer neuen technischen Potenziale werden durch sie sogar bislang nicht realisierbare Strategien möglich. Dies macht eine politische Auseinandersetzung und letztlich Einigung – nicht nur zwischen politischen Parteien und Interessengruppen, sondern vor allem zwischen den verschiedenen administrativen Entscheidungsebenen eines föderalen Systems – über die verkehrspolitischen Ziele sowie die für deren Umsetzung notwendigen Instrumentarien erforderlich. Das Ergebnis dieses Prozesses bestimmt dann letztlich auch die technischen Lösungen für eine zielführende Einführung und Nutzung der Verkehrstelematik.

Eine wichtige organisatorische Voraussetzung, nicht nur für die Verbesserung der Ausgangssituation des ÖPNV, sondern auch für die Realisierung „integrierter Verkehrskonzepte“, ist die Einrichtung leistungsfähiger *Verkehrsinformationszentralen*, die verkehrsträgerübergreifende Informationen sammeln, auswerten und für persönliche Routenvorschläge zur Verfügung stellen (Abb. 6). Von diesen vor Fahrtantritt bereitgestellten Informationen (pre-trip-info) ist eine Beeinflussung des Verkehrsmittelwahlverhaltens, primär ein Verzicht auf den Pkw und die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel, zu erwarten. Schließen diese Einrichtungen auch die Vermittlung freier Transportkapazitäten des motorisierten Individualverkehrs mit ein, so lassen sie sich zu *Mobilitätszentralen* zur Koordinierung der Mobilitätsbedürfnisse einer Region ausbauen. Hierzu liegen bereits konzeptionelle Vorschläge vor. Um diese Informations- und Mobilitätszentralen flächendeckend realisieren zu können, sind wiederum Rahmenbedingungen erforderlich, die die Einrichtung dieser Zentralen nach ähnlichen Standards in allen deutschen Ballungsräumen regeln. Die Ergebnisse der bereits genannten, vom BMBF geförderten Leitprojekte „Mobilität in Ballungsräumen“ können zur Gestaltung des notwendigen organisatorischen und rechtlichen Rahmens wesentlich beitragen.

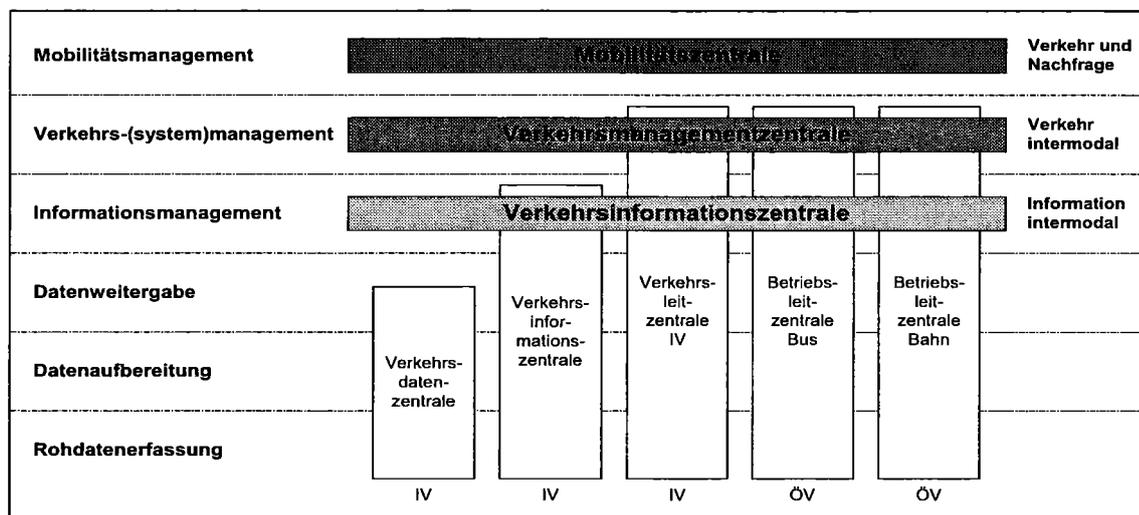


Abb. 6: Vorschlag für eine institutionelle Strukturierung des Verkehrs- und Mobilitätsmanagements

### 3.2 Mobilitätsmanagement durch verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr und neue Formen eines „kooperativen Individualverkehrs“ (Option 3)

Auch bei **Option (3)** – Mobilitätsmanagement durch verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr und neue Formen eines „kooperativen Individualverkehrs“ – sind die Erfahrungen ausgewählter Projekte im nationalen und internationalen Bereich die Grundlage der Analyse von *Fallstudien*. Die Bedingungen und Potenziale eines attraktiven öffentlichen Verkehrs werden am Beispiel des „Karlsruher Modells“ dargestellt. Im internationalen Bereich geben die EU Forschungsprojekte ICARO (Increase of CAR Occupancy) und CAPTURE (Cars to Public Transport in URban Environment) sowie die Erfahrungen mit Projekten zur „kombinierten Mobilität“ in der Schweiz Hinweise für neue Gestaltungsmöglichkeiten des Ballungsraumverkehrs. In Zukunft werden auch aus den vom BMBF geförderten Leitprojekten „Mobilität in Ballungsräumen“ Erfahrungen für neue Dienste zu erwarten sein. In den *Modellrechnungen* zu dieser Option wurden ausgewählte Aspekte der neuen Ansätze untersucht, wie insbesondere die Bildung von Fahrgemeinschaften und die damit verbundene Erhöhung der

Besetzungszahl der Fahrzeuge. Um die Potenziale aller neuen Konzepte für die Bedingungen deutscher Ballungsräume zu untersuchen, wären weitere Modellanalysen empfehlenswert, die im Rahmen dieses Vorhabens nicht durchgeführt werden konnten. Insbesondere wären Analysen zur Vernetzung von Individualverkehr und öffentlichem Verkehr von Interesse.

### 3.2.1 Fallbeispiel eines attraktiv gestalteten öffentlichen Verkehrs

Dass ein *attraktiv gestalteter öffentlicher Verkehr* zu einer deutlichen Steigerung der Akzeptanz dieses Verkehrsträgers führen kann, zeigen die Auswertungen der bereits genannten TAB-Verkehrsstudie für das Fallbeispiel des „Karlsruher Modells“ (Halbritter u.a., 1999). In dieser Untersuchung wurde nachgewiesen, dass im Nahverkehrskorridor Karlsruhe-Bretten kurzfristig eine Steigerung des ÖPNV-Verkehrsaufkommens um 50 % bei einer Erhöhung der Wegezanzahl im Korridor um 2,5 % erreicht wurde. Rechnerisch ergab sich eine leichte Abnahme der Pkw-Fahrten im Korridor (Abb. 7). Etwa 10 % der Pkw-Gesamtfahrleistung wurden damit von der Straße auf den ÖPNV verlagert. Diese Verlagerung von Straßenverkehr zum ÖPNV war mit beträchtlichen Emissionsminderungen verbunden. Noch erheblicher ist die daraus resultierende Verbesserung der Immissionssituation im betrachteten Korridor einzuschätzen, da im Falle des ÖPNV mit elektrischer Traktion die Emissionen nicht in den Zentren der Siedlungsräume und damit in den Lebensräumen der Bevölkerung freigesetzt werden. Insbesondere die zum immissionsbedingten Krebsrisiko beitragenden Stoffe Dieselruß und Benzol werden hier durch den ÖPNV nicht oder nur in vergleichsweise geringen Mengen emittiert. Ein weiterer bedeutender Umweltvorteil besteht darin, dass die im Rahmen des „Karlsruher Modells“ realisierte Stadtbahn eine achsenorientierte Siedlungsentwicklung unterstützt, die mit geringerem Landverbrauch und erheblich geringerer Zerschneidung von Landschaften verbunden ist als die durch den motorisierten Individualverkehr begünstigte disperse Siedlungsentwicklung.

Auch bezüglich seiner Kostendeckung ist das „Karlsruher Modell“ als Erfolg anzusehen, da mit über 80 % ein für den ÖPNV überdurchschnittlicher Kostendeckungsgrad für die Betriebskosten erreicht wurde. Der Fehlbetrag beträgt nur etwa ein Drittel des Durchschnitts der Unternehmen des öffentlichen Verkehrs. Eine besondere Rolle hat dabei jedoch die Tatsache gespielt, dass der Betreiber für die Nutzung der Bahnstrecke nicht den von der Deutschen Bahn AG festgelegten Trassenpreis bezahlt, sondern die gesamte Strecke gepachtet hat, was mit erheblich geringeren Kosten verbunden ist. Die Umsetzung des Karlsruher Modells gibt eine Reihe von Hinweisen zur Verbesserung der politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen, um attraktivere ÖPNV-Modelle langfristig zu sichern.

### 3.2.2 Fallbeispiele für neue Konzepte im motorisierten Individualverkehr

Da der *motorisierte Individualverkehr* auch in Zukunft von erheblicher Bedeutung für den Ballungsraumverkehr sein wird, kann das Ziel eines effektiveren und umweltverträglicheren Verkehrs in Ballungsräumen nur dann erreicht werden, wenn innovative Techniken zusammen mit neuen Organisationskonzepten auch in diesem Bereich realisiert werden. Insbesondere die durch die neuen IuK-Techniken gegebenen Organisationsmöglichkeiten des Individualverkehrs zusammen mit neuen emissionsarmen Antriebs- und Fahrzeugkonzepten sind hier zu nennen. Die EU-Forschungsprojekte ICARO (Increase of CAR Occupancy), das die Steigerung der Besetzungszahl von Pkw anstrebt, und CAPTURE (CARs to Public Transport in UR-

ban Environment), das die Erhöhung der Intermodalität, d.h. die kombinierte Nutzung öffentlicher und privater Verkehrsmittel, zum Ziel hat, geben interessante Hinweise für neue Gestaltungsmöglichkeiten im Ballungsraumverkehr. Die beiden ausgewählten Projekte wurden in einer Reihe europäischer Städte in den Ländern Belgien, Dänemark, Finnland, Griechenland, Großbritannien, den Niederlanden, Österreich, Rumänien, Tschechien, der Schweiz und Spanien durchgeführt. Nachfolgend wird auf einige ausgewählte Ergebnisse dieser Projekte eingegangen. Das weiterhin behandelte Projekt „Mobility CarSharing Schweiz“ zeigt schließlich, dass Intermodalität bereits heute erfolgreich praktiziert werden kann, wenn die Voraussetzungen hierfür vorliegen.

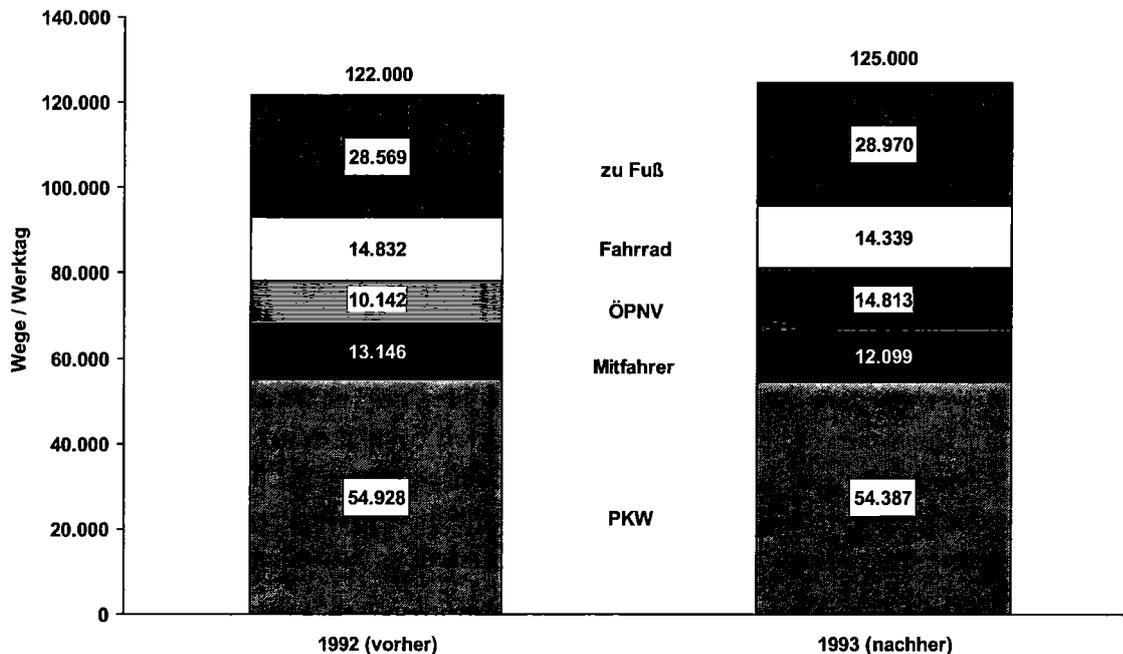


Abb. 7: Entwicklung der Gesamtzahl der Wege im Einzugsbereich des untersuchten Korridors des „Karlsruher Modells“ (Quelle: Halbritter u.a., 1999)

Die in ICARO untersuchten Maßnahmen zur Steigerung der Besetzungszahl von Fahrzeugen beziehen sich vor allem auf die Organisation von Fahrgemeinschaften sowie den Aufbau von Anreizsystemen zur Praktizierung solcher Fahrgemeinschaften. Als sehr wirksame Anreizmaßnahme erwies sich auch hier wieder die bereits bei den MMDI-Projekten (Kap. 3.1.1) beschriebene *Einrichtung eigener Fahrspuren für Fahrzeuge mit zwei oder mehr Fahrzeuginsassen (HOV-Lanes)*, wie sie in den Städten Leeds und Madrid realisiert wurden. Ausgangspunkt ist die sehr niedrige Besetzungszahl der Pkw insbesondere im Berufsverkehr, hier wird von Zahlen zwischen 1,14 und 1,2 ausgegangen. Diese Werte sind im Vergleich zu den Werten für den hier ausgewählten Ballungsraum München sogar als relativ hoch einzuschätzen. Praktische Demonstrationen für die Bildung von Fahrgemeinschaften wurden in den Städten Leeds, Brüssel, Salzburg, Pilsen, Graz, Rotterdam und vier Städten in der Schweiz durchgeführt.

Im Rahmen des ICARO-Projektes wurde ein Vielzahl von Maßnahmen bezüglich ihrer praktischen Wirksamkeit erprobt. Als bedeutendste Maßnahmen für den Erfolg des Projektes

sind die *Organisation der Vermittlungszentralen und die Einrichtung eigener Fahrspuren für Fahrzeuge mit zwei oder mehr Fahrzeuginsassen (HOV-Lanes)* anzusehen. Um effektive Vermittlungsdienste einzurichten, sind bestimmte Voraussetzungen bezüglich Bevölkerungs- und Arbeitsplatzdichte notwendig. Solche Vermittlungszentralen benötigen einen Grundbestand von etwa 500 bis 800 Teilnehmern. Diese Zahl verringert sich, wenn sich die Vermittlung von Fahrgemeinschaften auf bestimmte Zielgruppen, wie z.B. Mitarbeiter bestimmter Unternehmen, beziehen. Die Akzeptanz für Fahrgemeinschaften steigt erheblich, wenn die Unternehmen sich unmittelbar an der Organisation von Fahrgemeinschaften beteiligen bzw. diese sogar selbst übernehmen.

Eine im Rahmen von ICARO vorgenommene empirische Untersuchung (Befragung) zum Verhalten der Verkehrsteilnehmer zeigt die erheblich größere Wirksamkeit restriktiver Maßnahmen, wie die Erhöhung des Treibstoffpreises um 50 % (*Szenario B*) und die Erhebung von Zufahrtgebühren in Städte in Höhe von 3,0 € für Fahrzeuge, die nur mit einer Person besetzt sind (*Szenario D*), im Vergleich zu Maßnahmen mit Anreizwirkung, wie vergünstigten Parkmöglichkeiten für Fahrgemeinschaften, Preisnachlässe für Mitglieder von Fahrgemeinschaften (*Szenario A*) und den Bau zusätzlicher HOV-Lanes, die Zeitgewinne von bis zu 10 Minuten für die Nutzer dieser Straßen (*Szenario C*) erbringen. Die restriktiven Maßnahmen führten nicht nur zu höheren Besetzungszahlen als die Anreizmaßnahmen (Abb. 8), sondern ergaben auch einen günstigeren Modal-Split (Abb. 9).

Die Untersuchungen ergaben weiterhin, dass die Einrichtung der HOV-Lanes auch eine der wirkungsvollsten Maßnahmen darstellt, um die Besetzungszahl der Pkw zu erhöhen. Erhebungen auf einer neu errichteten 1,5 km langen HOV-Lane in Leeds zeigen einen Anstieg der Besetzungszahl von 1,35 auf 1,41. Für die Nutzer dieser nur 1,5 km langen HOV-Lane bedeutet dies einen Zeitgewinn von 3,5 Minuten. Von besonderem Interesse sind die im Rahmen von ICARO durchgeführten Modellrechnungen zu unterschiedlichen Ausprägungen von HOV-Lanes, wie z.B. der Nutzung dieser Spuren für Fahrzeuge mit zwei und mehr (*Szenario 2+*) sowie mit drei und mehr (*Szenario 3+*) Fahrzeuginsassen. Die Rechnungen, die für die Bedingungen der Städte Leeds, Salzburg, Madrid und Thessaloniki durchgeführt wurden, zeigen durchwegs wachsende verkehrliche Wirksamkeit, je restriktiver die Nutzungsbedingungen festgelegt werden. Für die meisten Fälle restriktiverer Nutzung ergeben sich insgesamt auch geringere Treibstoffverbräuche und Emissionsminderungen für Luftschadstoffe.

Im Rahmen von CAPTURE wurde eine Vielzahl von Maßnahmen zur Verbesserung des öffentlichen Verkehrs in elf europäischen Städten demonstriert und evaluiert. Sehr beeindruckend sind wiederum die in Madrid durchgeführten Untersuchungen mit der Einführung von HOV-Lanes in Kombination mit verbesserten Umsteigemöglichkeiten vom Pkw auf öffentliche Verkehrsmittel. Die Projektauswertungen ergaben Steigerungen der mittleren Besetzungszahlen der Pkw in Madrid von 1,36 im Jahre 1991 auf 1,67 im Jahre 1997.

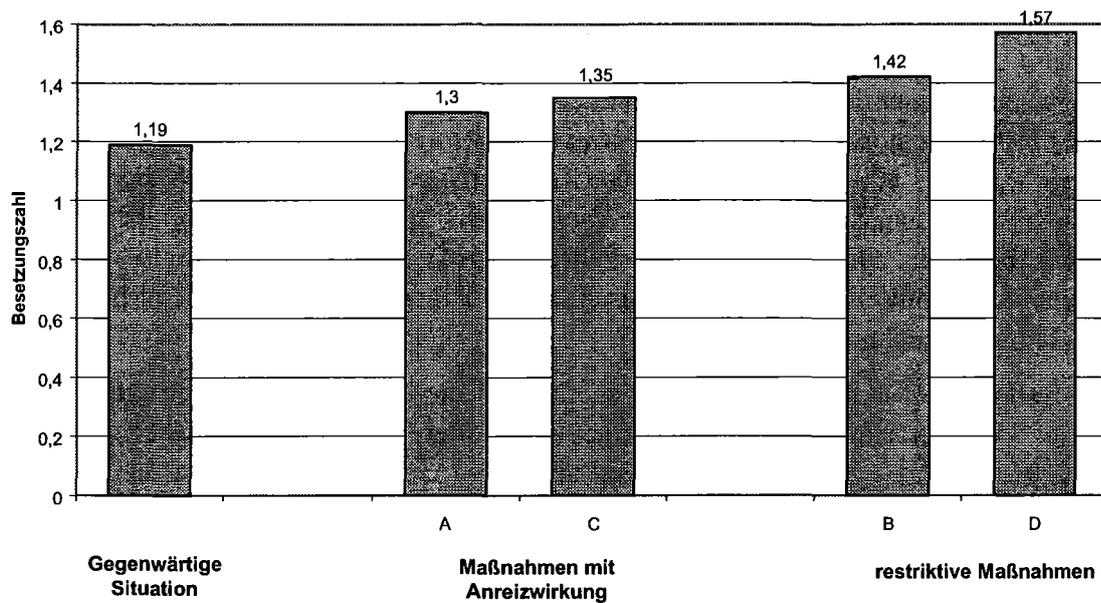


Abb. 8: Pkw-Besetzungszahlen für vier unterschiedliche Szenarien:

- vergünstigte Parkmöglichkeiten für Fahrgemeinschaften sowie Preisnachlässe für Mitglieder von Fahrgemeinschaften (Szenario A)
- Erhöhung des Treibstoffpreises um 50 % (Szenario B)
- Reisezeitgewinne von bis zu 10 Minuten durch die Nutzung von HOV-Lanes (Szenario C)
- Erhebung von Zufahrtgebühren in Städte in Höhe von 3,0 € für Fahrzeuge, die nur mit einer Person besetzt sind (Szenario D)

Quelle: (ICARO, 1999)

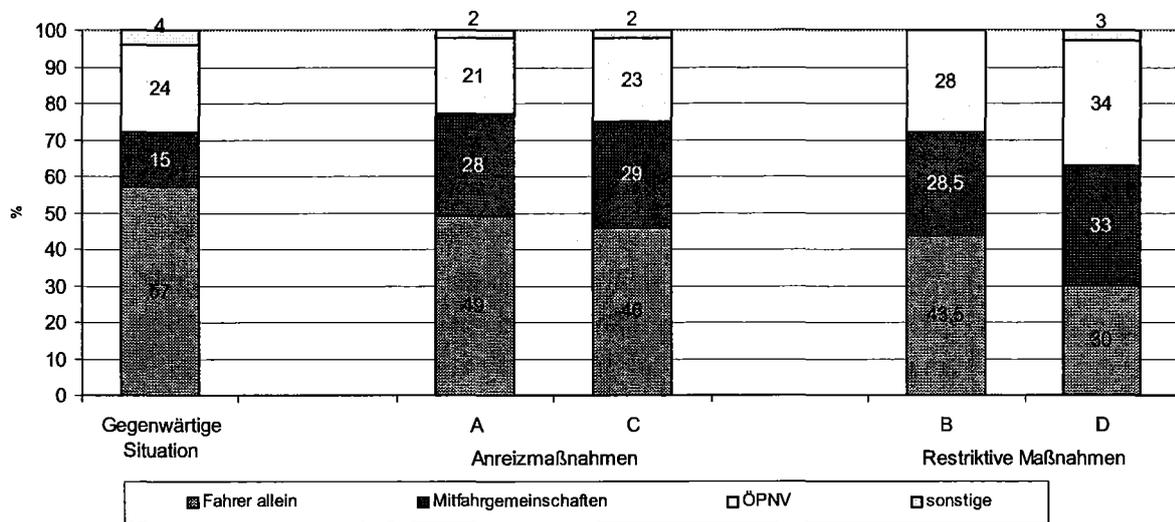


Abb. 9: Potenzielle Veränderungen des Modal-Splits für vier unterschiedliche Szenarien

- vergünstigte Parkmöglichkeiten für Fahrgemeinschaften sowie Preisnachlässe für Mitglieder von Fahrgemeinschaften (Szenario A)
- Erhöhung des Treibstoffpreises um 50 % (Szenario B)
- Reisezeitgewinne von bis zu 10 Minuten durch die Nutzung von HOV-Lanes (Szenario C)
- Erhebung von Zufahrtgebühren in Städte in Höhe von 3,0 € für Fahrzeuge, die nur mit einer Person besetzt sind (Szenario D)

Quelle: (ICARO, 1999)

Von besonderem Interesse für einen effektiveren und umweltverträglicheren Ballungsraumverkehr sind *integrierte Verkehrskonzepte zur „kombinierten Mobilität“*, wie sie in der Schweiz als Kombination von öffentlichem Verkehr und Carsharing realisiert werden. Das Verkehrskonzept der Stadt Zürich ist bereits seit den siebziger Jahren ein interessantes Beispiel für eine erfolgreiche Gestaltung des innerstädtischen Verkehrs. Die damals ergriffenen ordnungsrechtlichen Maßnahmen, die den motorisierten Individualverkehr innerhalb der City einschränkten und den ÖPNV priorisierten, waren die Voraussetzung nicht nur für die Verkehrsentslastung der Stadt, sondern auch für den Erfolg des privatwirtschaftlich organisierten Projekts „züri mobil“, das für die Einwohner Zürichs auch die Verfügbarkeit von Automobilen im Rahmen eines umfassenden Carsharing-Modells sicherstellt. Dieses Modell wurde im Rahmen des Projektes „Mobility Carsharing Schweiz“ mit bisher 36.000 Kunden und 1.400 Fahrzeugen (Bezugsjahr 2000) auf die ganze Schweiz ausgedehnt, wobei insbesondere die Dynamik der Entwicklung hervorzuheben ist (Muheim, Reinhardt, 2000). Diese Zahlen drücken eine zehnfach höhere Akzeptanz des Carsharing in der Schweiz im Vergleich zu Deutschland aus (Abb. 10).

Differenzierte sozialwissenschaftliche Begleituntersuchungen geben einmal Aufschluss zum Marktpotenzial für *Mobility*-Kunden, sowie weiterhin zum veränderten Mobilitätsverhalten dieses Personenkreises. So zeigen Abschätzungen zum Gesamtpotenzial von Carsharing in der Schweiz, dass von 24 % der Bevölkerung als potenziellen Kunden von „Mobility Carsharing“ ausgegangen werden kann. Befragungen haben weiterhin ergeben, dass 37 % dieser möglichen Kunden konkretes Interesse an Carsharing haben, dies bedeutet ein Interessenpotenzial von 600.000 Personen oder 9 % der Bevölkerung der Schweiz.

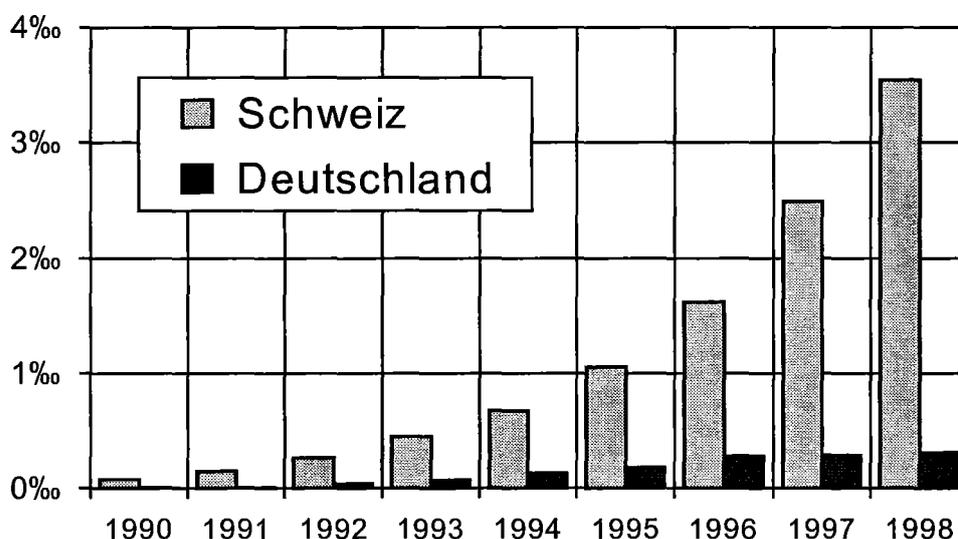


Abb. 10: Dynamische Kundenentwicklung im schweizerischen Carsharing (in Promille der Bevölkerung) (Quelle: Muheim, Reinhart 2000)

Kunden von „Mobility Carsharing Schweiz“ zeigen ein stark *verändertes Mobilitätsverhalten* im Vergleich zu Pkw-Besitzern, das betrifft sowohl die Gesamtfahrleistung wie auch die Verkehrsmittelwahl. Während Mobility-Kunden 75% ihrer Verkehrsleistung mit dem öffentlichen Verkehr und 25% mit dem Pkw erledigen, zeigen Pkw-Besitzer ein genau umgekehrtes Verhalten (Abb. 11). Wer wegen einer Mitgliedschaft bei Carsharing seinen Pkw aufgibt, reduziert seine Autoverkehrsleistung deutlich um 6700 km oder 72 % im Jahr. Dies wird teilweise kompensiert durch verstärkte Nutzung von motorisierten Zweirädern (+ 1300 km/a),

Fahrrädern (+ 800 km/a) und vor allem von öffentlichen Verkehrsmitteln (+ 2000 km/a). Dies drückt sich auch in der Wegehäufigkeit von Mobility-Kunden und Personen mit voller Autoverfügbarkeit aus (Abb. 12). Über alle Verkehrsmittel gerechnet, nimmt die jährliche Fahrleistung der Autoaufgebenden um 2600 km ab (Abb. 13).

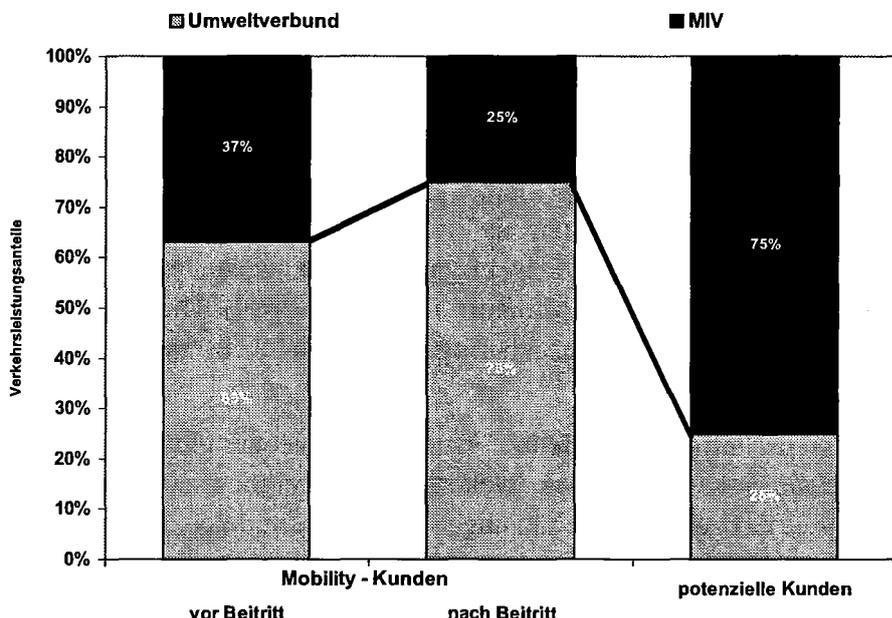


Abb. 11: Reziprokes Mobilitätsverhalten der Carsharer (Quelle: Muheim, Reinhart 2000)

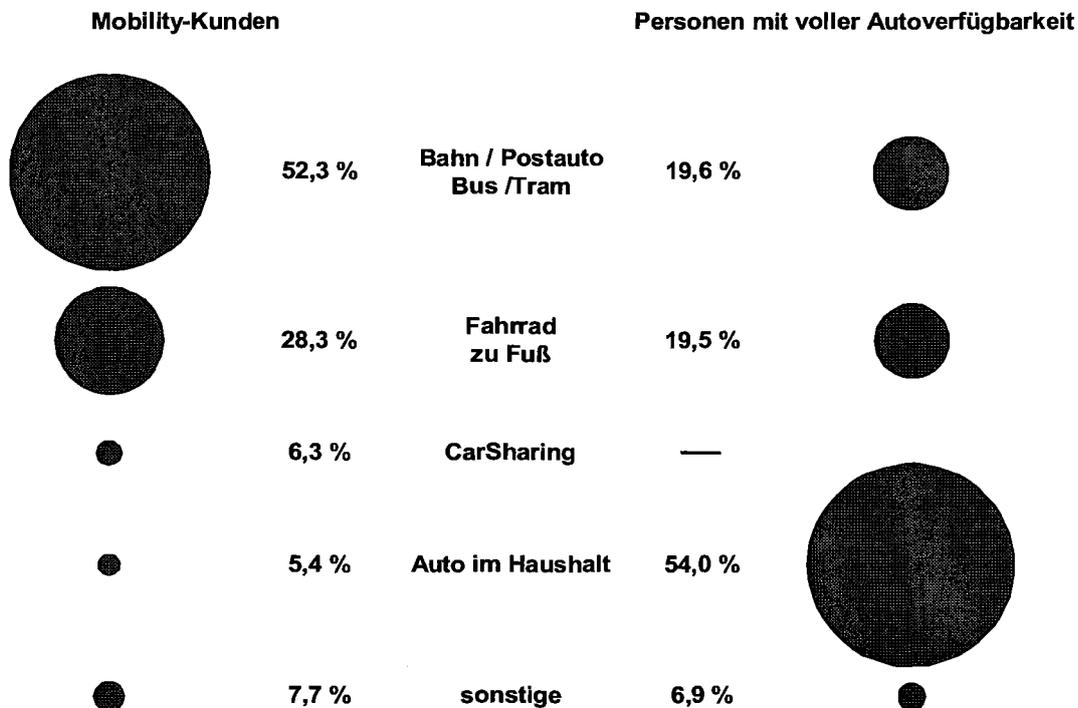


Abb. 12: Wegehäufigkeit von „Mobility Carsharing Schweiz“-Kunden und Personen mit voller Autoverfügbarkeit (Quelle: Muheim, Reinhardt, 2000)

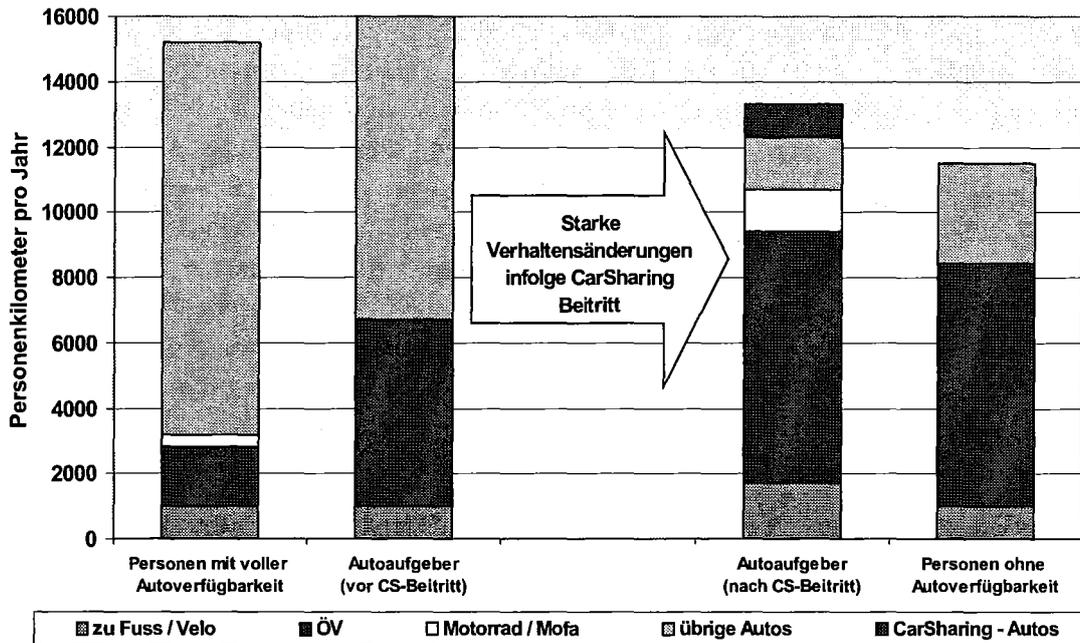


Abb. 13: Verhaltensänderungen autoaufgebender Carsharer im Vergleich zu Personen mit voller und ohne Autoverfügbarkeit (Quelle: Muheim, Reinhart 2000)

### 3.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Der Begriff Telematik, der die Anwendung der Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) im Verkehr beschreibt, umfasst eine Vielzahl neuer Techniken und Dienste, von denen erhebliche Einflüsse auf den Verkehr insgesamt, insbesondere aber auf die Ballungsraumverkehre ausgehen können. Übertriebene Erwartungen, die von einem kumulierten Marktvolumen der Telematikdienste bis zum Jahre 2010 in Höhe von 200 Mrd. DM ausgingen, mussten allerdings relativiert werden. Für das Jahr 1998 wird der Umsatz durch Privatkunden auf etwa 20 Mio. DM beziffert. Telematikanwendungen können verschiedene Funktionen im Verkehrssystem übernehmen, neben der **Bereitstellung von Informationen zur Verkehrssituation** können IuK-Techniken auch zur **Verkehrslenkung** eingesetzt werden. Weiterhin gestatten diese neuen Techniken ganz **neue Organisationsformen des Verkehrs**, wie die verbesserte Vernetzung des öffentlichen Verkehrs mit dem Individualverkehr und darüber hinaus neue Formen eines „kooperativen Individualverkehrs“. Bereits die Informationsbereitstellung durch IuK-Techniken hat viele unterschiedliche Ausprägungen, die eine generelle Bewertung der neuen Techniken nicht zulassen. Eine Aussage, inwieweit diese Techniken und Dienste zur Steigerung der Effektivität und der Umweltverträglichkeit der Verkehrssysteme beitragen, ist nur für die jeweils speziellen Dienste möglich. Zu unterscheiden sind dabei vornehmlich individuelle und kollektive Dienste. Individuelle Dienste, wie individuelle dynamische Leitsysteme, stehen nur den Fahrern entsprechender Fahrzeuge zur Verfügung, kollektive Dienste, wie Wechselwegweiser, dagegen allen Verkehrsteilnehmern.

Die Ergebnisse der **Fallstudienauswertungen zum Einsatz neuer Techniken und Dienste im Ballungsraumverkehr** zeigen, dass Effizienzsteigerungen des Verkehrssystems möglich sind. Von besonderem Interesse für die Einschätzung neuer Telematik-Techniken und

-Dienste sind die **Auswertungen US-amerikanischer Erfahrungen zum Einsatz von IuK-Techniken im Ballungsraumverkehr** im Rahmen der Projekte der Metropolitan Model Deployment Initiative (MMDI). In den USA wird die Einführung von IuK-Techniken im Verkehrsbereich – dort ITS (Intelligent Transportation Systems) genannt – seit Anfang der neunziger Jahre mit erheblichen Mitteln des Bundes und der US-Bundesstaaten auf der Grundlage gesetzlicher Regelwerke gefördert. Bemerkenswert ist die *systematische Planung und Durchführung der Projekte sowie deren Koordinierung durch staatliche Institutionen*. Das beachtliche staatliche Engagement beschränkt sich dabei nicht nur auf die Projektförderung während der Entwicklungsphase, sondern begleitet auch die praktische Einführung der neuen Techniken. Gefördert wird vornehmlich der Einsatz kollektiver Systeme, die allen Verkehrsteilnehmern zur Verfügung stehen, während individuellen Leitsystemen in den einzelnen Fahrzeugen, wie sie häufig in Europa im Mittelpunkt der Diskussion um Telematik-Dienste stehen, nur eine untergeordnete Bedeutung zukommt.

Die in den USA praktizierte Vorgehensweise beruht auf der Einschätzung, dass Innovationen sich heute nur noch in seltenen Fällen auf neue Einzeltechniken beziehen, sondern vielmehr als ganz neue Systeme eingeführt werden müssen. Diese neuen Systeme erfordern die Schaffung technischer, organisatorischer und infrastruktureller Voraussetzungen. Besonderes Augenmerk wird in den USA darauf geworfen, dass diese Voraussetzungen das Entstehen neuer Märkte für innovative Produkte und Dienste ermöglichen bzw. begünstigen. Neue Märkte für komplexe technische Systeme, wie gerade die neuen IuK-Techniken, sind entsprechend der amerikanischen Erfahrungen nicht das Ergebnis des *Wettbewerbs konkurrierender Einzelunternehmen unter Status-quo-Bedingungen, sondern einer strategischen Gesamtplanung*, die die organisatorischen und infrastrukturellen Voraussetzungen für die Entwicklung dieser neuen Märkte unter Berücksichtigung des Nutzergewinns der potenziellen Marktteilnehmer schafft. Dabei ist eine Entwicklung zu fördern, die einerseits offen ist für technische Weiterentwicklungen und für Angebotsverbesserungen für die Marktteilnehmer, andererseits aber auch notwendige Standardsetzungen festschreibt, die die Übertragbarkeit der Konzepte innerhalb eines großen Marktes sichert. Staatliche Institutionen haben dabei die Aufgabe, diese Entwicklung zu koordinieren.

Die Auswertung der MMDI-Projekte zeigt weiterhin, dass die Potenziale der neuen IuK-Techniken nur dann voll ausgeschöpft werden können, wenn die *infrastrukturellen Voraussetzungen* vorliegen. Verkehrsmanagement erfordert die Möglichkeit, steuernd auf den Verkehrsfluss einwirken zu können. Hierzu sind infrastrukturelle und technische Maßnahmen notwendig, wie die Zuflussregelung des aus Seitenstraßen in Hauptstraßen einmündenden Verkehrs (ramp metering) oder die Einrichtung von HOV-Lanes (High Occupancy Vehicle Lanes), dies sind Straßenspuren, die nur von Fahrzeugen mit mehreren Fahrzeuginsassen benutzt werden dürfen.

Da die in den USA vorhandenen organisatorischen, rechtlichen und auch infrastrukturellen Voraussetzungen für den **Einsatz der IuK-Techniken im Verkehrsbereich in Deutschland** nicht vorliegen, sind die entsprechenden Umsetzungsmöglichkeiten für diese neuen Techniken und Dienste hier insgesamt eingeschränkter. Dies sollte jedoch nicht ausschließen, Erfahrungen aus den USA zur Umsetzung geeigneter Innovationsstrategien für neue Techniken und Dienste zu berücksichtigen. Auch in Deutschland bestehen große Erwartungen an die Lösungsbeiträge der neuen Techniken und Dienste. Daraus folgte jedoch bisher nicht die in den USA praktizierte einzelprojektübergreifende Abstimmung bei deren Einführung unter der Koordinationsfunktion des Staates in Hinblick auf die Schaffung neuer Märkte. Auch liegt in

Deutschland bisher kein für alle Ballungsräume abgestimmtes Konzept vor, das eine einheitliche und abgestimmte Entwicklung der neuen Techniken und Dienste sicherstellt, wie dies das Rahmenkonzept der „nationalen Architektur“ vorsieht. Es ist daher zu erwarten, dass ähnlich wie bei der Einführung des Internets, die in den USA entwickelten Standards allein schon wegen der internationalen Konkurrenzfähigkeit von der europäischen und deutschen Industrie übernommen werden müssen.

In Deutschland werden *unterschiedliche Organisationsmodelle für das Verkehrs- und Mobilitätsmanagement* praktiziert. Die Verantwortung für die Verkehrslenkung ist in den verschiedenen Städten unterschiedlich geregelt. In einigen Städten liegt sie bei den Kommunen, in anderen wird sie von Zweckverbänden wahrgenommen und schließlich wird als neuestes Modell in Hannover die Verkehrslenkung durch ein privates Unternehmen durchgeführt. Es ist davon auszugehen, dass die verschiedenen Organisationsmodelle des Verkehrsmanagements für die Einführung neuer Techniken und Dienste zwar eine gewisse Bedeutung besitzen, noch entscheidender dürfte jedoch sein, wie ausgeprägt der politische Wille ist, diese Dienste im Sinne einer Vernetzung der verschiedenen Verkehrssysteme zu nutzen. Die Auswertungen der TAB-Studie (Halbritter u.a., 1999) ergaben u. a. bereits, dass die fehlende eindeutige Prioritätensetzung für bestimmte verkehrspolitische Ziele die Fortsetzung der bisherigen Entwicklung begünstigen wird, diese Dienste vorzugsweise für Einzelsysteme – den Individualverkehr oder den öffentlichen Verkehr – einzusetzen.

Besondere Möglichkeiten bietet der Einsatz neuer IuK-Techniken zur Effizienzsteigerung und zur Verminderung der Emissionen im Ballungsraumverkehr, wenn sie nicht nur zur Verbesserung der Verkehrsinformation und zur Verkehrslenkung eingesetzt werden, sondern wenn durch sie Voraussetzungen für **verbesserte und auch ganz neue Organisationsformen des Verkehrs** geschaffen werden. Dies kann sowohl durch qualitativ und quantitativ verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr als auch durch neue Formen eines „kooperativen Individualverkehrs“ in Form von Mitfahrgemeinschaften geschehen. Dass ein **attraktiv gestalteter öffentlicher Verkehr** zu einer deutlichen Steigerung der Akzeptanz dieses Verkehrsträgers führen kann, zeigen die Auswertungen der TAB-Verkehrsstudie für das Fallbeispiel des „Karlsruher Modells“. In dieser Untersuchung wurde nachgewiesen, dass in dem Nahverkehrskorridor Karlsruhe-Bretten kurzfristig eine Steigerung des ÖPNV-Verkehrsaufkommens um 50 % bei einer Erhöhung der Wegezahlszahl im Korridor um 2,5 % erreicht wurde. Etwa 10 % der Pkw-Gesamtfahrleistung wurde damit von der Straße auf den ÖPNV verlagert. Diese Verlagerung von Straßenverkehr zum ÖPNV war mit beträchtlichen Emissionsminderungen verbunden. Noch erheblicher ist die daraus resultierende Verbesserung der Immissionssituation im betrachteten Korridor einzuschätzen, da im Falle des ÖPNV mit elektrischer Traktion die Emissionen nicht in den Zentren der Siedlungsräume und damit in den Lebensräumen der Bevölkerung freigesetzt werden. Ein weiterer bedeutender Umweltvorteil besteht darin, dass die im Rahmen des „Karlsruher Modells“ realisierte Stadtbahn eine achsenorientierte Siedlungsentwicklung unterstützt, die mit geringerem Landverbrauch und erheblich geringerer Zerschneidung von Landschaften verbunden ist als die durch den motorisierten Individualverkehr begünstigte disperse Siedlungsentwicklung. Auch bezüglich der Kostendeckung ist das „Karlsruher Modell“ als Erfolg anzusehen, da mit über 80% ein für den ÖPNV überdurchschnittlicher Kostendeckungsgrad für die Betriebskosten erreicht wurde.

Da der **motorisierte Individualverkehr** auch in Zukunft von erheblicher Bedeutung für den Ballungsraumverkehr sein wird, kann das Ziel eines effektiveren und umweltverträglicheren Verkehrs in Ballungsräumen nur dann erreicht werden, wenn innovative Techniken zu-

sammen mit **neuen Organisationskonzepten** auch in diesem Bereich realisiert werden. Insbesondere die durch die neuen IuK-Techniken gegebenen Organisationsmöglichkeiten des Individualverkehrs zusammen mit neuen emissionsarmen Antriebs- und Fahrzeugkonzepten sind hier zu nennen. Die ausgewählten EU-Forschungsprojekte ICARO (Increase of CAR Occupancy) und CAPTURE (CARs to Public Transport in URban Environment) geben interessante Hinweise für neue Gestaltungsmöglichkeiten im Ballungsraumverkehr. Die in ICARO untersuchten Maßnahmen zur Steigerung der Besetzungszahl von Fahrzeugen beziehen sich vor allem auf die Organisation von Fahrgemeinschaften sowie den Aufbau von Anreizsystemen zur Praktizierung solcher Fahrgemeinschaften.

Von besonderer verkehrlicher Wirksamkeit bei den im Rahmen des ICARO-Projektes untersuchten Maßnahmen war die Organisation der Vermittlungszentralen und die Einrichtung eigener Fahrspuren für Fahrzeuge mit zwei oder mehr Fahrzeuginsassen (HOV-Lanes). Die Akzeptanz für Fahrgemeinschaften steigt erheblich, wenn Unternehmen sich unmittelbar an der Organisation von Fahrgemeinschaften für ihre Mitarbeiter beteiligen bzw. diese sogar selbst übernehmen. Eine im Rahmen von ICARO vorgenommene empirische Untersuchung zum Verhalten der Verkehrsteilnehmer zeigt die erheblich größere Wirksamkeit restriktiver Maßnahmen, wie die Erhöhung des Treibstoffpreises um 50 % und die Erhebung von Zufahrtgebühren in Städte in Höhe von 3,0 € für Fahrzeuge, die nur mit einer Person besetzt sind, im Vergleich zu Maßnahmen mit Anreizwirkung, wie vergünstigten Parkmöglichkeiten für Fahrgemeinschaften und Preisnachlässe für Mitglieder von Fahrgemeinschaften. Auch die im Rahmen von ICARO für verschiedene europäische Städte durchgeführten Modellrechnungen zu unterschiedlichen Ausprägungen der Einrichtung eigener Fahrspuren für Fahrzeuge mit zwei oder mehr Fahrzeuginsassen (HOV-Lanes) zeigen eine durchwegs wachsende verkehrliche Wirksamkeit, je restriktiver die Nutzungsbedingungen festgelegt werden.

Besonders erfolgversprechend für einen effektiveren und umweltverträglicheren Ballungsraumverkehr sind **integrierte Verkehrskonzepte zur „kombinierten Mobilität“**, wie sie in der Schweiz als Kombination von öffentlichem Verkehr und Carsharing realisiert wurden. Grundlage des Konzepts war der Erfolg des privatwirtschaftlich organisierten Projekts „züri mobil“, das für die Einwohner Zürichs auch die Verfügbarkeit von Automobilen im Rahmen eines umfassenden Carsharing-Modells sicherstellt. Dieses Modell wurde inzwischen im Rahmen des Projektes „Mobility Carsharing Schweiz“ mit bisher 36.000 Kunden und 1.400 Fahrzeugen (Bezugsjahr 2000) auf die ganze Schweiz ausgedehnt, wobei insbesondere die Dynamik der Entwicklung hervorzuheben ist. Carsharing hat in der Schweiz eine zehnfach höhere Akzeptanz im Vergleich zu Deutschland. Abschätzungen zum Interessenpotenzial von Carsharing-Kunden in der Schweiz gehen von 600.000 Personen oder 9 % der Bevölkerung aus. Kunden von „Mobility Carsharing Schweiz“ zeigen ein *stark verändertes Mobilitätsverhalten im Vergleich zu Pkw-Besitzern*, dies betrifft sowohl die Gesamtfahrleistung wie auch die Verkehrsmittelwahl. Wer infolge von Carsharing sein Auto aufgibt, reduziert seine Autoverkehrsleistung deutlich um 6.700 km oder 72 % im Jahr. Dies wird teilweise kompensiert durch verstärkte Nutzung von motorisierten Zweirädern (+ 1.300 km/a), Fahrrädern (+ 800 km/a), und vor allem von öffentlichen Verkehrsmitteln (+ 2.000 km/a). Über alle Verkehrsmittel gerechnet, nimmt die jährliche Fahrleistung der Autoaufgebenden um 2.600 km ab. Mobility-Kunden erledigen 75 % ihrer Verkehrsleistung mit dem öffentlichen Verkehr und 25 % mit dem Pkw, Pkw-Besitzer zeigen ein genau umgekehrtes Verhalten.

Die **zusammenfassende Interpretation und Bewertung** der Auswertung von Fallstudien zum Einsatz von IuK-Techniken im Ballungsraumverkehr macht deutlich, dass die neuen

Techniken und insbesondere die mit Hilfe dieser Techniken zu realisierenden neuen Mobilitätsdienste grundsätzlich der Erreichung verkehrs- und umweltpolitischer Ziele dienen können. Wie die US-amerikanischen Beispiele zeigen, werden diese Ziele jedoch nur erreicht, wenn eine koordinierte, zielorientierte Einführung dieser Techniken stattfindet. Diese Koordinierungsaufgabe ist mit dem Ausgleich unterschiedlicher Interessen verbunden und kann daher nur von politisch legitimierten staatlichen Institutionen geleistet werden. Wie schwierig dieser Interessenausgleich ist, wird an der häufig zu machenden Erfahrung deutlich, dass die gleiche Personengruppe, je nachdem ob sie in ihrer Rolle als Verkehrsteilnehmer oder als Anwohner einer verkehrsberuhigten Zone betroffen ist, ganz unterschiedliche Einschätzungen zur Problematik des Individualverkehrs äußert. US-amerikanische Auswertungen zeigen weiterhin, dass die Wahrnehmung von Koordinierungsaufgaben durch staatliche Institutionen keineswegs zu einem marktfremden Dirigismus führen, sondern das Gegenteil, nämlich dass durch sie die Voraussetzungen für die Erschließung von Marktpotenzialen für private Unternehmer geschaffen werden. Die möglichst europaweite Abstimmung der verkehrspolitischen Konzepte, die Bereitstellung und Abstimmung der infrastrukturellen Voraussetzungen für den effektiven Einsatz der neuen Techniken, wie auch die notwendigen übergeordneten Standardisierungen, um eine möglichst europaweite Interoperabilität der Techniken und Dienste sicherzustellen, machen ein entsprechendes Engagement erforderlich.

Für die in Deutschland und Europa im Vergleich zu den USA begrenzteren räumlichen Verhältnisse ergibt sich darüber hinaus die Notwendigkeit, bei der Einrichtung von Telematik-Techniken und Diensten den *öffentlichen Verkehr* verstärkt zu berücksichtigen. Wie bereits in der TAB-Studie festgestellt, gilt dies insbesondere deshalb, da der Schwerpunkt des Entwicklungsinteresses der Industrie beim Einsatz individueller Zielführungssysteme für den motorisierten Individualverkehr liegt. Von besonderer Bedeutung bei der Anwendung von IuK-Techniken im Verkehr ist die immer wieder erhobene Forderung bzw. der Wunsch, alle Verkehrsträger zu integrieren und intelligent miteinander zu verknüpfen, um alle Effizienzpotenziale ausschöpfen zu können.

Die Einzelvorhaben des Leitprojekts „Mobilität in Ballungsräumen“ streben an, Innovationen im Bereich der IuK-Techniken im Ballungsraumverkehr zu fördern. Sie sind vornehmlich technikorientiert und besitzen ganz unterschiedliche Ausrichtungen. Auch sind sie nicht in dem Ausmaße wie die MMDI-Projekte auf die Erschließung neuer Marktpotenziale für private Unternehmungen ausgerichtet. Das Verständnis von Public-Private-Partnership ist ebenfalls unterschiedlich, denn in Deutschland wird darunter nicht das in den USA praktizierte straff koordinierte Projektmanagement durch staatliche Institutionen verstanden. Von den Leitprojekten sind auf jeden Fall partielle technische und organisatorische Innovationen zu erwarten. Es sollte unbedingt sichergestellt werden, dass die neuen Techniken und Dienste auch nach Auslaufen der Pilotprojektphase weiterbetrieben werden, was bei den Projekten STORM in Stuttgart und LISB (Leit- und Informationssystem Berlin) in Berlin nicht der Fall war.

---

## 4 Überblick zur räumlichen und verkehrlichen Struktur deutscher Ballungsräume

Häufig wird in der Umwelt- und Verkehrspolitik die Forderung nach der **Schaffung verkehrsreduzierender Raum- und Siedlungsstrukturen** gestellt (BMVBW, 2000). Die siedlungsstrukturelle Entwicklung der vergangenen Jahrzehnte war von der funktionalen Trennung von Wohnen, Arbeiten, Einkaufen und Freizeit geprägt. Diese Entwicklung erzeugte Verkehr und war damit auch eine erhebliche Quelle von Umweltbelastungen. Die andauernden Suburbanisierungstendenzen in den großen Verdichtungsräumen machen die negativen Folgeerscheinungen dieser Entwicklung besonders deutlich. Die Umweltbelastungen bestehen dabei nicht nur in der Emission von human- und ökotoxischen Stoffen sondern auch im Verbrauch von Flächen und der Zerschneidung von Landschaften. Eine stärkere Verflechtung der Funktionen Wohnen, Arbeiten, Einkauf und Freizeit wäre daher eine entscheidende Maßnahme, um Verkehrsleistungen zu vermindern bzw. auch ganz zu vermeiden. Das theoretische Konzept der „dezentralen Konzentration“ verlangt Siedlungsstrukturen, in denen möglichst viele Funktionen des täglichen Lebens nicht nur in den Zentren bzw. Außenbereichen von Ballungsräumen ausgeübt werden können, sondern in einer Vielzahl kleinerer Zentren in der näheren Umgebung der Wohn- und Arbeitsquartiere. Kompaktere bauliche Strukturen können weiterhin zu einer Reduzierung der Flächeninanspruchnahme und zu einer Verminderung von Verkehr beitragen.

Bei der Suche nach verkehrsreduzierenden Raum- und Siedlungsstrukturen ist es von Interesse, die **vorliegenden Strukturen der deutschen Ballungsräume bezüglich typischer Verkehrskenngrößen zu untersuchen**. Um weiterhin die räumliche Struktur der Verkehrsbeziehungen näherungsweise zu beschreiben, wurden die zwischen der Kernstadt und dem Umland in den Ballungsräumen stattfindenden Verkehrsbewegungen für unterschiedliche Verkehrszwecke analysiert. Vorrangiger Untersuchungsgegenstand war neben dem **Berufspendlerverkehr** insbesondere der ständig steigende **Freizeitverkehr**. Zunächst wurden – entsprechend einer Klassifikation des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR) – die vierzehn Räume um die bevölkerungsstärksten Städte in den alten und neuen Bundesländern betrachtet. Diese Auswahl wurde um die Region Hannover als eigenständigem Ballungsraum ergänzt. Der Ballungsraum Rhein-Ruhr wurde in zwei Räume untergliedert: das Ruhrgebiet mit der Kernstadt Essen sowie die Region um Köln (Abb. 14). In den nachfolgenden Darstellungen werden nur ausgewählte Ergebnisse der Auswertung der Daten aus den sechzehn Ballungsräumen präsentiert.

Grundlage für die Analysen zum Verkehrsaufkommen waren die Daten der „Matrix 97“, einer Datenbank, die im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (BMVBW) und der Deutschen Bahn AG von der Firma Intraplan, München, erstellt wurde. Die Matrix 97 beschreibt für das Jahr 1997 das Personenverkehrsaufkommen zwischen ca. 380 deutschen Städten und Kreisen sowie 100 Regionen im Ausland für unterschiedliche Verkehrszwecke auf der Basis von Quell-Ziel-Verkehren im Individualverkehr und im öffentlichen Verkehr. Dieses Personenverkehrsaufkommen ist definiert als die Anzahl der Quell-Ziel-bezogenen Wege. Aus dieser Wegehäufigkeit lässt sich mit Hilfe der Besetzungszahlen der Fahrzeuge für die verschiedenen Verkehrszwecke (Tabelle 6) das Jahresfahrtenaufkommen errechnen. Die Errechnung der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstär-

ke (DTV) erfordert eine weitergehende Berücksichtigung der Tage im Jahr, an dem die Verkehrszwecke ausgeführt wurden.

Die verkehrsträgerübergreifende Auswertung (Individualverkehr und öffentlicher Verkehr) der Datenbasis in Bezug auf die verschiedenen Fahrzwecke zeigt für alle betrachteten Räume eine ähnliche Struktur. Der Freizeit- und Urlaubsverkehr ist durchgehend der dominante Verkehrszweck mit Werten um bzw. teilweise auch über 40 % des Verkehrsaufkommens (Abb. 15). Der Berufs- und Ausbildungsverkehr macht dagegen nur etwa ein Drittel des Verkehrsaufkommens aus.

Tabelle 6: Mittlere Besetzungszahlen der Fahrzeuge im Individualverkehr der Region München nach Daten des Stadtplanungsamtes München

Beruf	1,11
Ausbildung gesamt	2,06
<i>Berufsschule</i>	1,47
<i>Grundschule</i>	26,27
<i>Hochschule</i>	1,44
<i>Schule</i>	1,72
Einkauf gesamt	1,25
<i>Einkauf</i>	1,32
<i>tägliche Besorgung</i>	1,21
Freizeit	1,22
Rückfahrt zur Wohnung	1,24
Individualverkehr gesamt (ohne Wirtschaftsverkehr)	1,22

Deutliche Unterschiede weisen jedoch die Anteile des Individualverkehrs (IV) und des öffentlichen Verkehrs (ÖV) am Gesamtverkehrsaufkommen in den untersuchten Ballungsräumen auf (Abb. 16). Während Berlin und München mit über 30 % ÖV-Anteil am Gesamtverkehrsaufkommen sozusagen sehr „ÖV-freundliche“ Ballungsräume sind, beträgt der ÖV-Anteil in Bremen, Chemnitz und Bielefeld weniger als 15 %.

Wie beim gesamten Personenverkehr treten auch bei der Verteilung des **Berufspendlerverkehrs** auf Individualverkehr und öffentlichen Verkehr deutliche Unterschiede auf. Der für die einzelraumbezogene Analyse gewählte Modellballungsraum München nimmt hier mit einem ÖV-Anteil von fast 50 % einen Spitzenplatz ein, in Bremen und Mannheim beträgt er dagegen weniger als 20 % (Abb. 17). Darüber hinaus liegen in den untersuchten Räumen sehr unterschiedliche Verhältnisse im Hinblick auf die Anteile der Einpendler aus dem Umland in die Kernstadt vor. Berlin besitzt diesbezüglich eine sehr günstige Struktur mit einem hohen Anteil von Arbeitnehmern aus dem Kernstadtbereich, erheblich verkehrintensiver dagegen sind die Bedingungen in Frankfurt (Abb. 18).

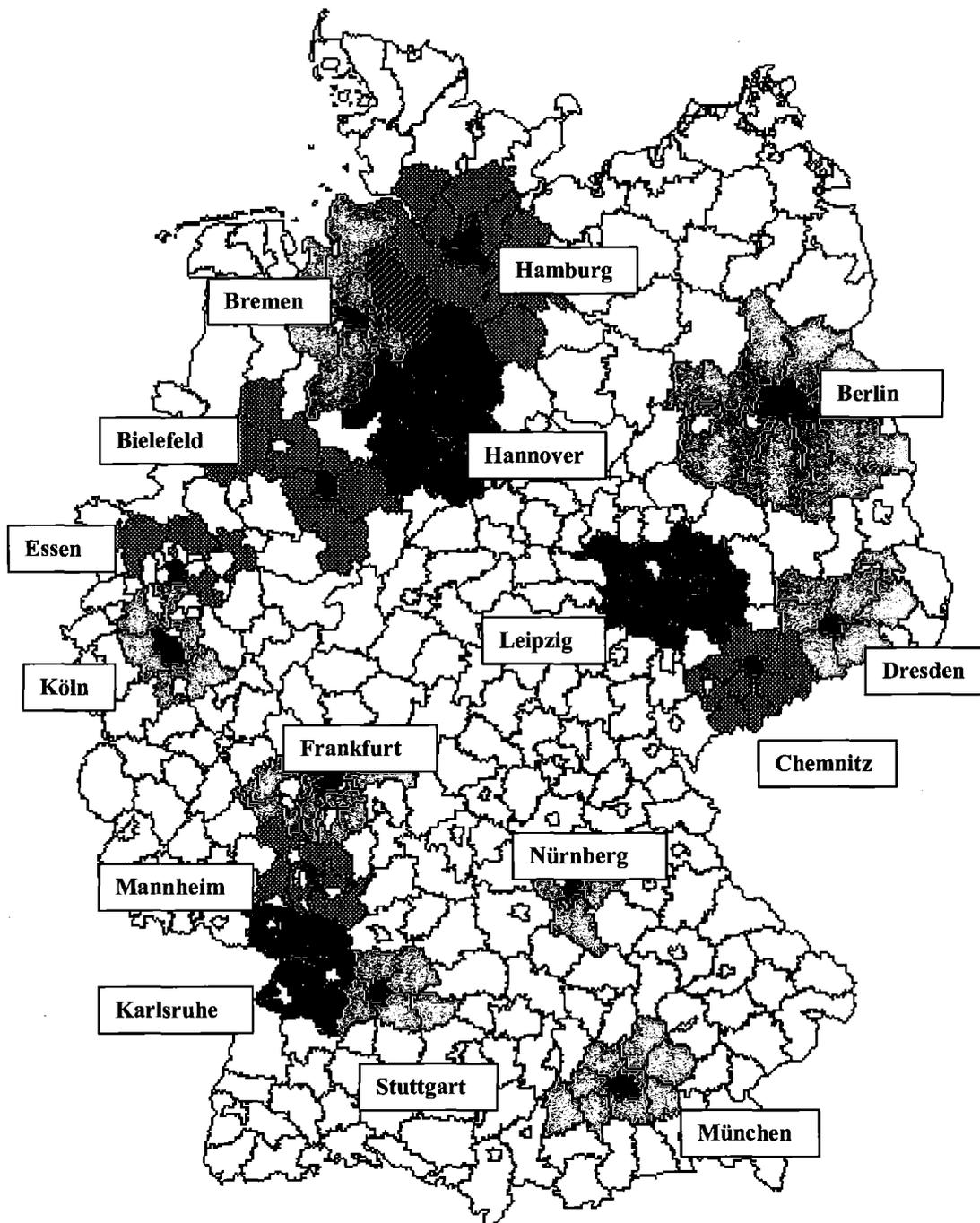


Abb. 14: Überblick über die betrachteten Ballungsräume in Deutschland  
(Nähere Angaben zu den Ballungsräumen sind in Anhang C zu finden.)

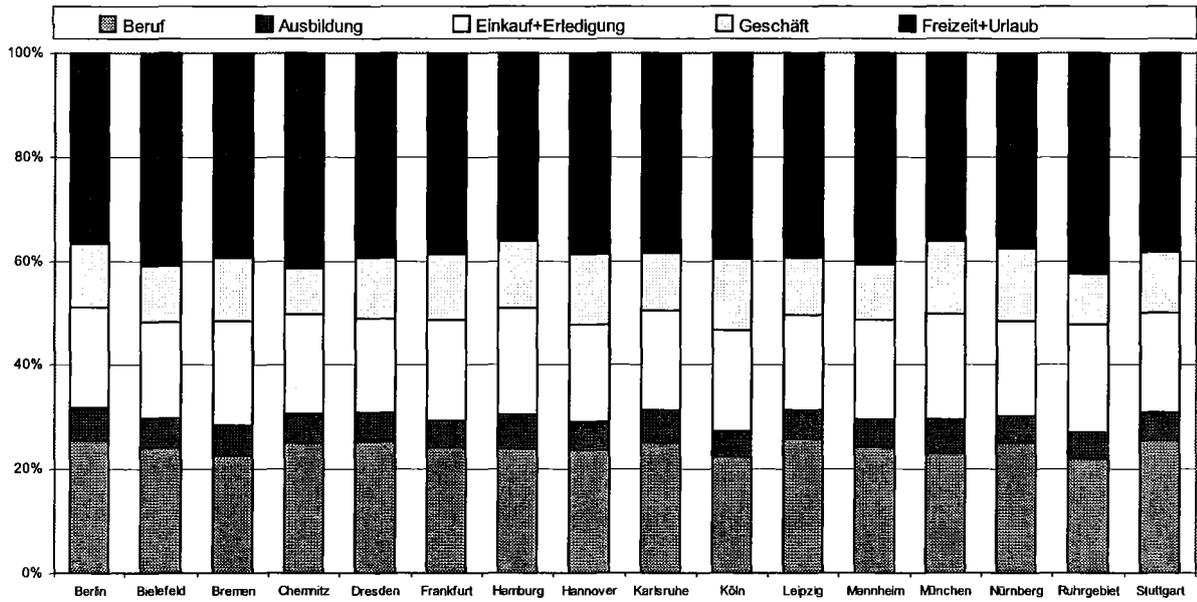


Abb. 15: Anteile der verschiedenen Verkehrszwecke in ausgewählten deutschen Ballungsräumen

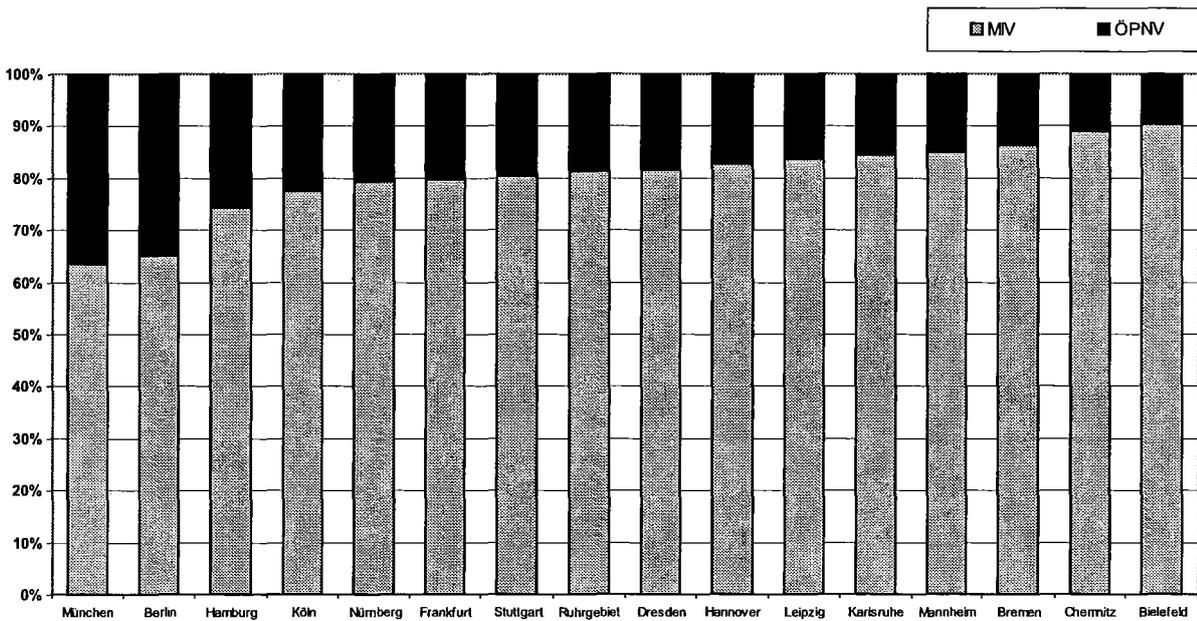


Abb. 16: Anteile des motorisierten Individualverkehrs (MIV) und des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) am Verkehrsaufkommen in ausgewählten deutschen Ballungsräumen

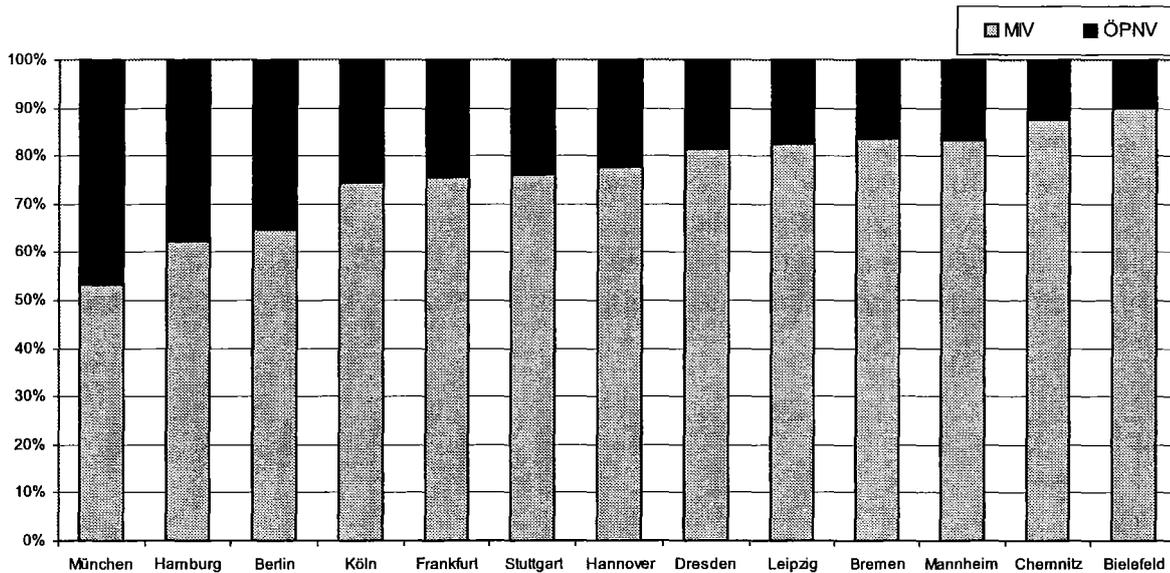


Abb. 17: Anteil des ÖPNV und des MIV (motorisierten Individualverkehrs) am Verkehrsaufkommen im Berufspendlerverkehr in ausgewählten Ballungsräumen

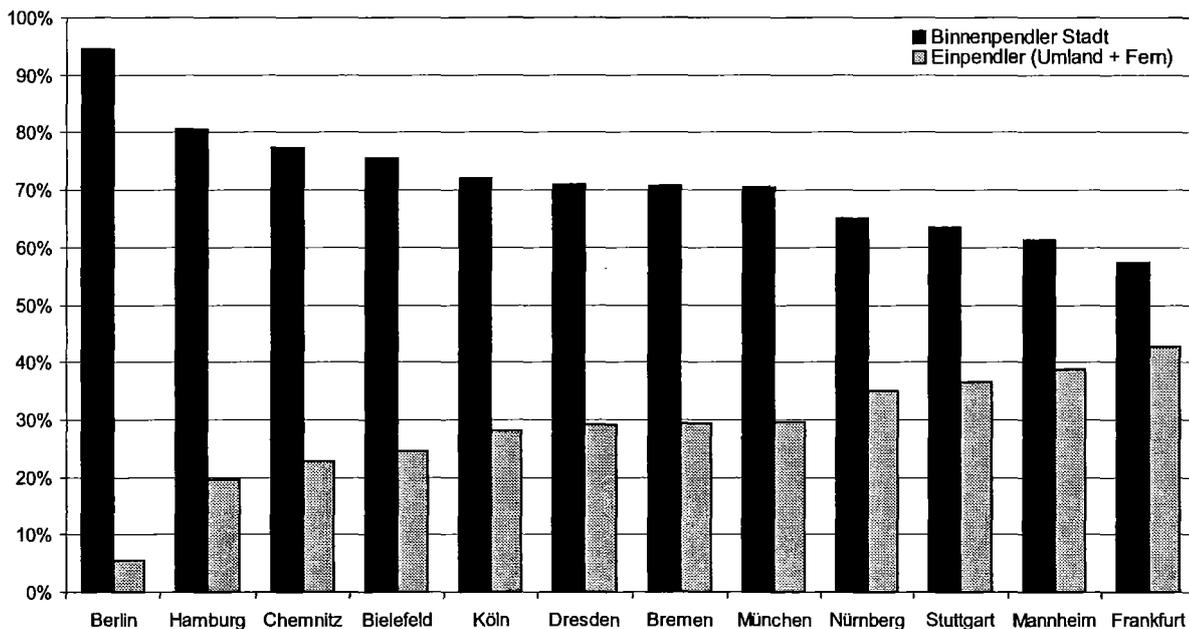


Abb. 18: Anteile der Binnenpendler (innerhalb der Kernstadt) und der Einpendler aus dem Umland bezogen auf die Arbeitsplätze der Kernstädte

Deutlich sind auch die strukturellen Unterschiede in der Verteilung zwischen IV und ÖV beim *Freizeit- und Einkaufsverkehr* der ausgewählten Ballungsräume. So variieren die Anteile des ÖPNV im Freizeitverkehr mit Werten zwischen fast 35 % für Berlin und weniger als 10 % für Bremen (Abb. 19). Eine ähnliche Struktur zeigt auch der Einkaufsverkehr, der Werte von mehr als 40 % für Berlin und München und weniger als 15 % für Bremen, Leipzig und Mannheim aufweist (Abb. 20). Bei diesen Aussagen ist zu beachten, dass sie den Verkehr im gesamten Ballungsraum betreffen und nicht nur den auf die Kernstadt bezogenen Verkehr.

Abschließend lässt sich sagen, dass für ausgewählte Mobilitätsparameter bemerkenswerte Unterschiede in den betrachteten Ballungsräumen auftreten. Ohne genauere Kenntnis der ortsspezifischen Gegebenheiten, wie dem Umfang und Ausbau des öffentlichen Verkehrs, die Parkraumsituation, usw. lassen die Ergebnisse jedoch keine einheitliche Interpretation zu. Die genauen Ursachen für diese Unterschiede konnten im Rahmen der vorliegenden Studie nicht untersucht werden. Es bestätigt sich jedoch die bekannte Tatsache, dass traditionelle städtebauliche Strukturen insgesamt günstigere Voraussetzungen besitzen, um eine „nachhaltige Mobilität“ zu praktizieren, als die insbesondere in den „alten Bundesländern“ während der vergangenen Jahrzehnte realisierten siedlungsstrukturellen und städtebaulichen Konzepte.

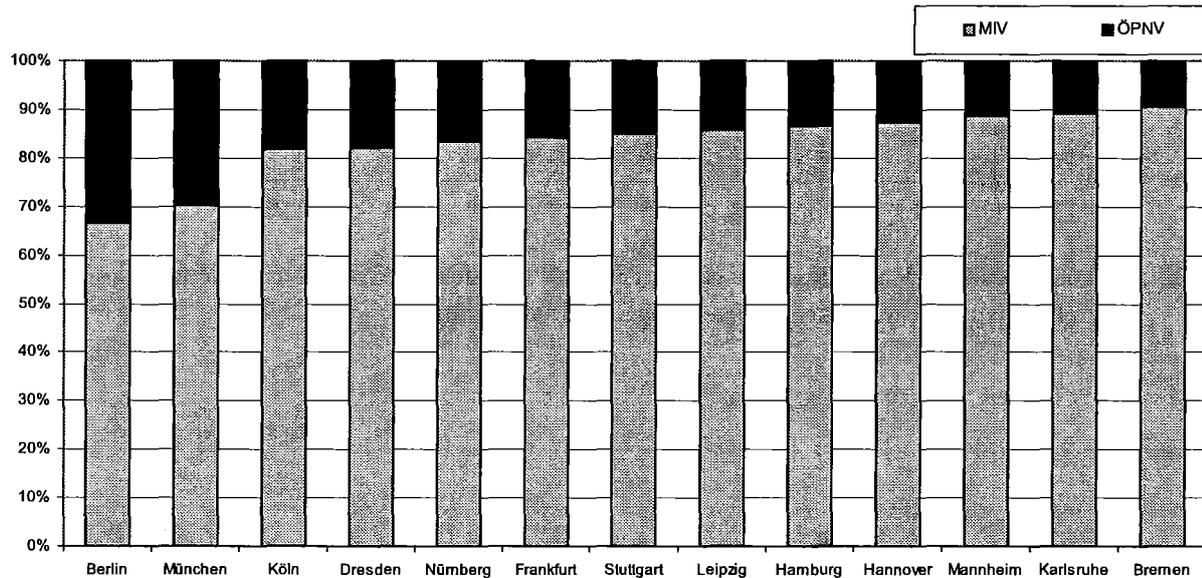


Abb. 19: Anteil des ÖPNV und des MIV (motorisierten Individualverkehrs) am Verkehrsaufkommen im Freizeitverkehr in ausgewählten Ballungsräumen

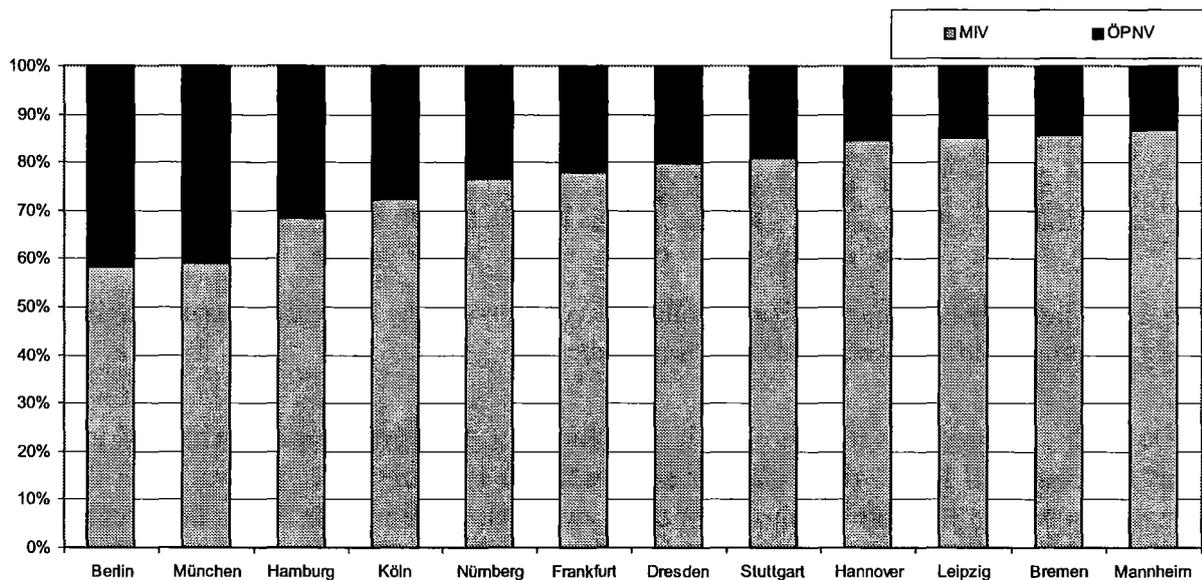


Abb. 20: Anteil des ÖPNV und des MIV (motorisierten Individualverkehrs) am Verkehrsaufkommen im Einkaufsverkehr in ausgewählten Ballungsräumen

## 5 Simulationsrechnungen zum Einsatz neuer Techniken und Dienste im Ballungsraumverkehr

Neben den in Kapitel 3 behandelten Fallstudien sind *Simulationsrechnungen* ein sehr wirkungsvolles Instrument, um die Realisierbarkeit, die Wirkungen und die Folgen des Einsatzes neuer Techniken und Dienste im Ballungsraumverkehr zu untersuchen. Im Vergleich zu Fallstudien besitzen Simulationsrechnungen die zusätzliche Möglichkeit, auch die Potenziale noch nicht realisierter Anwendungen der neuen Techniken und Dienste im Hinblick auf die Erreichung vorgegebener Ziele zu analysieren. Die Abschätzung dieser Potenziale ist u.a. auch eine wichtige Voraussetzung, um Hemmnisse bei der Realisierung der neuen Techniken und Dienste zu identifizieren. Wie bei den Fallstudienauswertungen orientieren sich auch die Simulationsrechnungen an der Strukturierung der Einsatzmöglichkeiten neuer Techniken und Dienste entsprechend der bereits beschriebenen Optionen (Kap. 2):

1. Option *„Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) zur Verbesserung der Verkehrsinformation in Ballungsräumen“*
2. Option *„Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) zur aktiven Verkehrsablaufsteuerung in Ballungsräumen“*
3. Option *„Mobilitätsmanagement durch verbesserte Angebote im öffentlichen Verkehr und neue Formen eines kooperativen Individualverkehrs“*

Die Simulationsrechnungen und die darauf aufbauenden quantitativen Abschätzungen sollten sich auf möglichst realistische Bedingungen beziehen. In vorliegender Studie wurde die Region um München als Modellballungsraum für die Untersuchungen gewählt. Die vom Stadtplanungsamt der Landeshauptstadt München zur Verfügung gestellten Verkehrsdaten waren Grundlage der durchgeführten Modellrechnungen. Einleitend wird die vorliegende Verkehrssituation in München kurz dargestellt und ein Vergleich der empirisch erhobenen Verkehrsdaten mit Rechnungen zum Verkehrsfluss aufgrund der Quell-Ziel-Matrizen zum Verkehrsaufkommen im Münchner Straßennetz durchgeführt (Kap. 5.1).

Schwerpunkt der Simulationsrechnungen ist die Untersuchung verbesserter Leitempfehlungen für die Verkehrsteilnehmer auf der Grundlage verbesserter Informationen zum Belastungszustand des Straßenverkehrsnetzes (Option 1). Diese Leitempfehlungen können sowohl mittels individueller wie auch kollektiver Leitsysteme gegeben werden (Kap. 2). Wie bereits erwähnt, eignen sich kollektive Systeme zur Umsetzung kommunaler Verkehrskonzepte, wie der Einrichtung von Vorrangstraßensystemen und verkehrsberuhigten Zonen. Bei den individuellen Leitsystemen sind besonders die individuellen dynamischen Leitsysteme (individuelle dynamische Routenführung) von Interesse, die ihre Empfehlungen für die schnellste oder kürzeste Route unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrssituation geben. Individuelle dynamische Leitsysteme wurden, wie in Kapitel 2 näher beschrieben, im Rahmen von Pilotprojekten innerhalb von Ballungsräumen bereits erprobt und werden für Leitempfehlungen im Fernstraßennetz bereits eingesetzt. Es ist zu erwarten, dass diese Dienstleistungen demnächst auch innerhalb von Ballungsräumen von privaten Anbietern bereitgestellt werden. Das wird spätestens dann der Fall sein, wenn in immer größerem Ausmaß sogenannte Floating Car Data – dies sind Informationen vom aktuellen Belastungszustand des Straßennetzes – in den Fahrzeugen zur Verfügung stehen. Mit ihrer Hilfe errechnen individuelle dynamische Leitsysteme das „Nutzeroptimum“ für die mit solchen Systemen ausgestatteten Fahrzeuge. Dieses

Nutzeroptimum kann sich erheblich von der theoretisch „optimalen“ Auslastung des Straßensystems im Ballungsraum (Systemoptimum) unterscheiden, die als das Minimum der Summe der Fahrzeiten aller Fahrzeuge im gesamten Straßensystem definiert ist (Zackor, 1999). Verkehrsleitstrategien, die entsprechend dem „Nutzeroptimum“ auf individuellen Leitsystemen basieren, können grundsätzlich zu unerwünschten Auswirkungen im Ballungsraumverkehr führen, denn oft stehen diese Leitempfehlungen nicht in Einklang mit den verkehrs- und raumordnungspolitischen Konzepten der Kommunen. Diese Systeme ermöglichen dem entsprechend ausgestatteten Verkehrsteilnehmer auf einfache Weise, bei Stausituationen vom Vorrangstraßennetz in das untergeordnete Straßennetz auszuweichen. Die frühzeitige Untersuchung der Folgen dieser Systeme kann somit Hinweise für notwendige Maßnahmen geben, die unerwünschte Nebenwirkungen vermeiden.

Die nachfolgend untersuchten Fälle beziehen sich sowohl auf die Informations- wie auch auf die Lenkungsfunktionen des Einsatzes von IuK-Techniken. Die Simulationsrechnungen zum Einsatz neuer Techniken und Dienste werden für die beiden folgenden Fälle durchgeführt:

- „Morgendlicher Berufspendlerverkehr im Modellballungsraum München“ an einem repräsentativen Werktag (Kap. 5.2) und
- „Verkehr an einem ausgewählten Werktag in der Ferienzeit mit erheblicher zusätzlicher Verkehrsbelastung durch den Urlauberverkehr im Modellballungsraum München“ (Kap. 5.3).

Beim „morgendlichen Berufspendlerverkehr im Modellballungsraum München“ werden neben dem Einsatz individueller dynamischer Leitsysteme („Telematikeinsatz im morgendlichen Berufsverkehr“) (Kap. 5.2.1) auch *einfache organisatorische Maßnahmen*, wie die *Ausdehnung des Zeitintervalls für den morgendlichen Berufsverkehr* (Kap. 5.2.2) und die *Bildung von Fahrgemeinschaften im morgendlichen Berufsverkehr* (Kap. 5.2.3) untersucht. IuK-Techniken gestatten die Organisation von Fahrgemeinschaften erheblich einfacher als klassische Informationsmittel und sind daher ein wesentliches Element neuer Formen eines „kooperativen Individualverkehrs“. Die Bildung flexibler Fahrgemeinschaften wird in dem Projekt *Mobi-As* praktisch erprobt, das mit Unterstützung des BMBF im Rahmen des Leitprojekts *mobilität* in Stuttgart durchgeführt wird.

### 5.1 Zur Situation des Modellballungsraumes München

Für den Ballungsraum München wurde bereits eine Reihe von Untersuchungen zur Verkehrsentwicklung durchgeführt (Retzko, Topp, 1995; München, 1998). Die vom Stadtplanungsamt zur Verfügung gestellten Daten sind einmal Erhebungen der Mobilitätsbedürfnisse der Einwohner des Ballungsraums aufgeschlüsselt nach unterschiedlichen Verkehrszwecken, die für das Bezugsjahr 1994 in Form von Quell-Ziel-Matrizen für den gesamten Ballungsraum bereit gestellt wurden, sowie weiterhin empirisch erhobene Daten zu den Verkehrsflüssen an bestimmten Orten (Straßenkreuzungen) im Jahr 2000.

Die Daten des Stadtplanungsamtes zum Verkehrsaufkommen (Pkw- bzw. Lkw-Fahrten pro 24 h) für 1994 stehen nur bedingt in Einklang mit den aus der Matrix 97 (Kap.4) abgeleiteten Verkehrsaufkommen für 1997 (Tabelle 7). Ein genauer Vergleich lässt sich wegen der unterschiedlichen Erhebungssystematik nicht ziehen. Während alle Verkehre der Matrix 97 zweckspezifisch in Hin- und Rückrichtung erfasst sind, gibt es für die Daten des Stadtplanungsam-

tes den Fahrtzweck ‚zurück zur Wohnung‘. Das heißt insbesondere, dass indirekt für ca. 280.000 Fahrten Wegekettens impliziert sind, denn die Summe der Fahrten für alle anderen Verkehrszwecke ohne die Fahrten ‚zurück zur Wohnung‘ und den Fernverkehr beträgt 1.180.608. Dies ist auch bei den nachfolgenden Ausführungen zu beachten.

Entsprechend den Daten des Stadtplanungsamtes finden an einem typischen Werktag im Ballungsraum München etwa 3,1 Mio. Fahrten statt. Die Quell-Ziel-Matrizen zum Verkehrsaufkommen, die aufgrund von Befragungen für verschiedene Verkehrszwecke erstellt wurden, gestatten bereits einen Überblick über die grundsätzliche Struktur der im Ballungsraum stattfindenden Verkehre (Tabelle 7, Abb. 21). Beim Personenverkehr stellen die Fahrten der Berufspendler mit etwa 530 Tsd. Fahrten pro Werktag (Fahrt zur Arbeit) den Hauptverkehrszweck dar. Von noch größerer Bedeutung ist der Wirtschaftsverkehr mit etwa 770 Tsd. Fahrten pro Werktag, wovon über 500 Tsd. Pkw Fahrten und etwa 260 Tsd. Lkw Fahrten sind (Abb. 22). Weiterhin tragen der Einkaufsverkehr mit etwa 125 Tsd. Fahrten und der Freizeitverkehr mit über 260 Tsd. Fahrten pro Werktag zum Gesamtverkehrsaufkommen bei.

Die Quell-Ziel-Matrizen zum Verkehrsaufkommen enthalten noch keine Aussage über die von den Verkehrsteilnehmern tatsächlich gewählten Wege im Straßennetz des Ballungsraums und damit auch nicht zu den tatsächlichen Verkehrsflüssen. Um diese Informationen zu erhalten, müssen die Daten der Aufkommensmatrizen mit dem Simulationsmodell VISUM auf das Straßennetz des Ballungsraums „umgelegt“ werden. Die verschiedenen Umlegungen basieren auf unterschiedlichen mathematischen Verfahren (Kap. 1.1). Neben Umlegungen, die sich an traditionellen Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer orientieren, die schnellste Verbindung zum Zielort auf Straßen im Vorrangstraßennetz zu wählen (Referenzfall), ist auch der Fall einer „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes im Ballungsraum, definiert als das Minimum der Summe der Fahrzeiten aller Fahrzeuge im gesamten Straßensystem (Zackor, 1999) (Systemoptimum), von Interesse.

Die Überprüfung der mit VISUM errechneten Verkehrsflüsse (Abb. 24 - Abb. 26) mit den empirisch erhobenen Verkehrsdaten (Abb. 23) erfolgte an sechs Straßenkreuzungen im Außenbereich Münchens (A1 bis A6) und an fünf Kreuzungen der Innenstadt (I1 bis I5). Der Vergleich der gemessenen mit den errechneten Daten zum Verkehrsfluss in jeweils beide Richtungen (Querschnittsdaten) (Tabelle 8 und Tabelle 9) zeigt eine befriedigende Übereinstimmung. Im Vergleich zu den gemessenen Werten werden tendenziell geringere Verkehrsflüsse errechnet. Dies lässt sich mit den unterschiedlichen Erhebungszeitpunkten der Daten erklären. So wurde die Aufkommensmatrix für das Bezugsjahr 1994 erstellt, die empirischen Erhebungen beziehen sich dagegen auf das Jahr 2000. Nur im südwestlichen Außenbereich (Knotenpunkt A5) liegen die Rechenwerte höher als die empirisch erhobenen Daten. Der theoretisch interessante Fall der „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes (Systemoptimum) (Abb. 24 und Abb. 26) zeigt fast durchwegs geringere Werte für das Verkehrsaufkommen an den betrachteten Verkehrsknotenpunkten im Vergleich zum Referenzfall, was den Erwartungen entspricht (Tabelle 9). Diese gleichmäßigere Verteilung der Verkehre im Falle einer „optimalen“ Auslastung im Vergleich zum Referenzfall wird auch deutlich an der Darstellung der Verkehrsflüsse im Ballungsraum (Abb. 24).

Tabelle 7: Vergleich des Verkehrsaufkommens (Pkw- bzw. Lkw-Fahrten pro 24 h) in der Region München nach Erhebungen des Stadtplanungsamtes München für 1994 und der Matrix 97 für 1997

Verkehrsaufkommen in der Region München			
	Planungsreferat München		Matrix 97
	1994	Besetzungszahl	Tageswert
Berufspendler	533.156	1,11	454.669
Ausbildung (gesamt)	38.748	2,06	21.520
<i>Ausbildungsverkehr Berufsschule</i>	8.903		
<i>Ausbildungsverkehr Hochschule</i>	9.675		
<i>Ausbildungsverkehr Schule</i>	19.438		
<i>Grundschule</i>	732		
Einkauf (tägliche Besorgung)	221.540	1,25	328.178
Einkauf	125.163		
Freizeit	262.001	1,22	590.328
Rückfahrt zur Wohnung	902.406	1,24	1354.304
Fernverkehr	307.955		
<b>Individualverkehr ohne Wirtschaftsverkehr</b>	<b>2.390.969</b>	1,22	<b>2.349.735</b>
Wirtschaftsverkehr gesamt	766.184		
<i>Wirtschaftsverkehr mit PKW</i>	506.999		
<i>Wirtschaftsverkehr mit LKW&lt;2,8t</i>	103.608		
<i>Wirtschaftsverkehr mit LKW&lt;7,5t</i>	68.239		
<i>Wirtschaftsverkehr mit Lkw&gt;7,5t</i>	87.338		
<b>Gesamter Individualverkehr</b>	<b>3.157.153</b>		

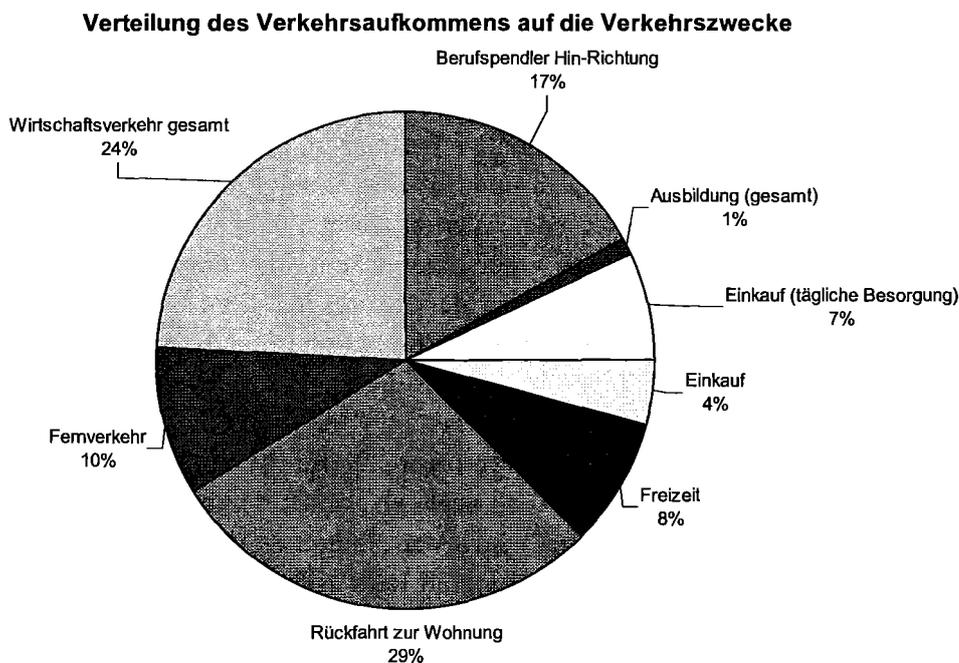


Abb. 21: Verteilung des Verkehrsaufkommens in der Region München auf unterschiedliche Verkehrszwecke im Jahr 1994 (Quelle: Daten des Stadtplanungsamtes München)

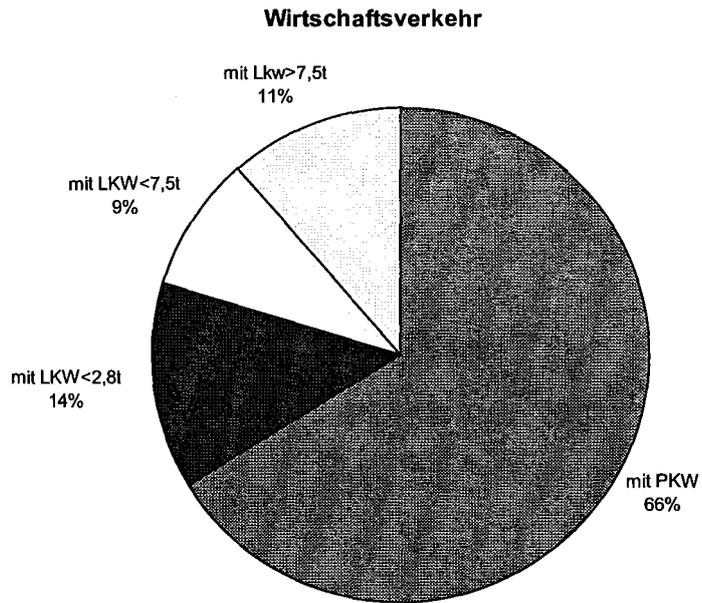


Abb. 22: Verteilung des Verkehrsaufkommens im Wirtschaftsverkehr in der Region München im Jahr 1994 (Quelle: Daten des Stadtplanungsamtes München)

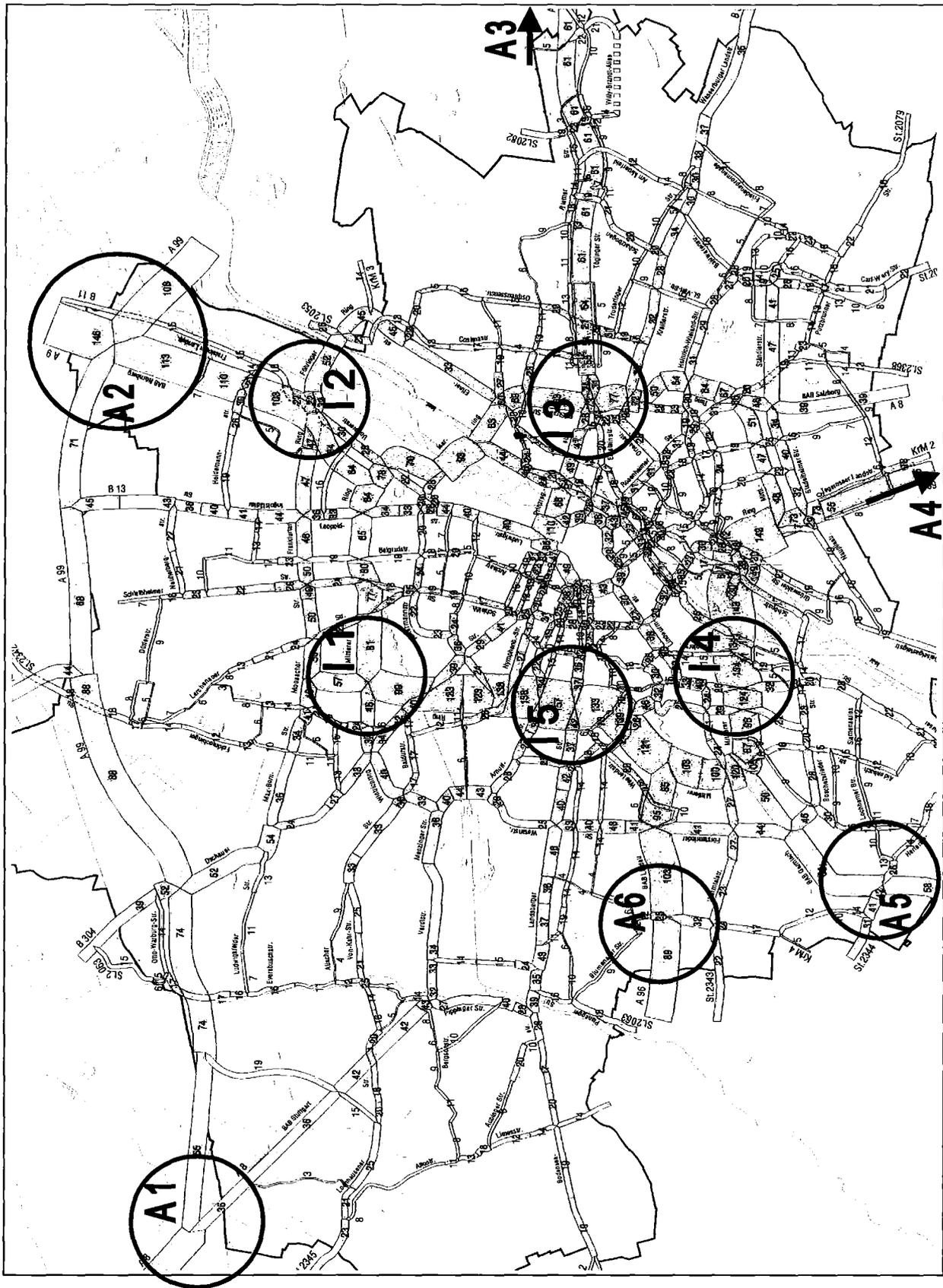


Abb. 23: Kfz-Verkehr in München im Juni 2000 nach Erhebungen des Stadtplanungsamtes in 1000Kfz/24 h

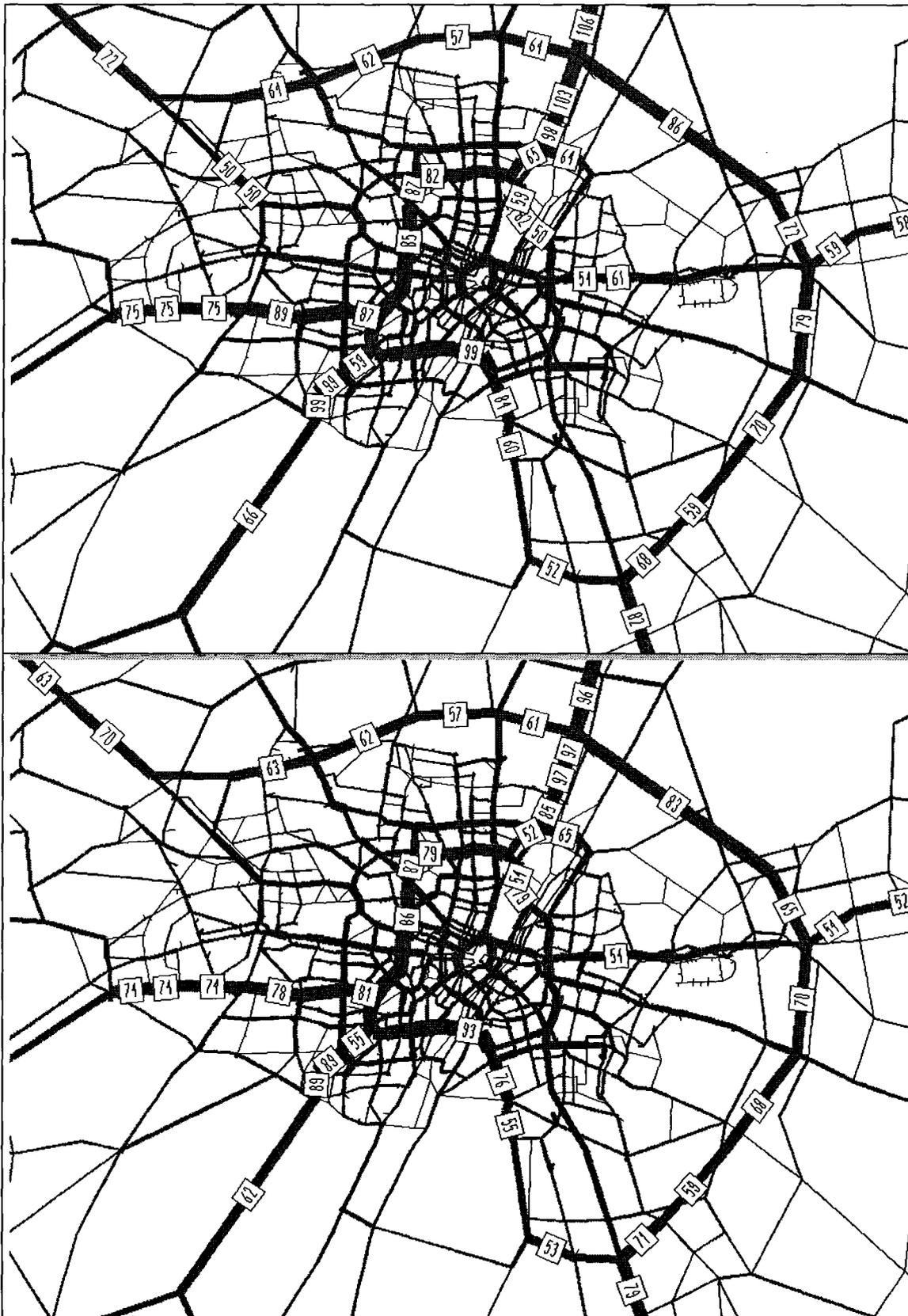


Abb. 24: Errechnete Belastung des Verkehrsnetzes der Region München an einem mittleren Werktag  
– Referenzfall (oben) und Systemoptimum (unten)  
(Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h, benannt sind nur Werte  $\geq 50000$  Kfz/24 h)



Abb. 25: Errechnete Belastung an einem mittleren Werktag im äußeren Bereich Münchens (oben) und im Bereich der Münchener Innenstadt (unten) – Referenzfall  
 (Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h, benannt sind nur Werte  $\geq 30000$  Kfz/24 h)



Abb. 26: Errechnete Belastung an einem mittleren Werktag im äußeren Bereich Münchens (oben) und im Bereich der Münchener Innenstadt (unten) – **Systemoptimum**  
 (Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h, benannt sind nur Werte  $\geq 30000$  Kfz/24 h)

Tabelle 8: Vergleich des tatsächlichen Verkehrsaufkommens (Messwerte Juni 2000) und der errechneten Werte für einen mittleren Werktag an ausgewählten Verkehrsknotenpunkten des äußeren Bereichs Münchens  
(Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h)

	Richtung	Mittlere Messwerte Juni 2000 *)	Messwerte Juli 1999 (Autobahnzählstellen) an einem mittleren Werktag	Rechenwerte	
				Referenzfall	Systemoptimum
<b>A 1</b>	Nord-West (Stuttgart)	91	77	72	70
	Ost	55		45	41
	Süd-Ost (Innenstadt)	36		32	31
<b>A 2</b>	Nord	146	149	106	96
	Ost	108		86	83
	Süd	113		103	97
	West	71	63	64	61
<b>A 3</b>	Nord			72	65
	Ost			59	54
	Süd			79	70
	West			34	32
<b>A 4</b>	Nord (Tunnel Neubiberg)	27		34	37
	Nord-Ost			68	71
	Süd (Salzburg)		109	82	79
	West (München)		72	49	46
<b>A 5</b>	Nord	69		99	89
	Süd	58		66	62
	West	42		45	41
<b>A 6</b>	Nord	25		18	14
	Ost	103		96	91
	Süd	32		47	40
	West	89		89	78

\*) nach Informationen des Planungsamtes der Landeshauptstadt München

Tabelle 9: Vergleich des tatsächlichen Verkehrsaufkommens (Messwerte Juni 2000) und der errechneten Werte für ausgewählte Verkehrsknotenpunkte der Münchener Innenstadt (Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h)

	Richtung	Mittlere Messwerte Juni 2000 *)	Rechenwert	
			Referenzfall	Systemoptimum
I 1	Nord	57	44	40
	Ost	81	82	79
	Süd	99	87	82
	West	46	42	43
I 2	Nord-Nord-Ost	103	98	85
	Ost	52	68	67
	Süd	30	39	35
	Süd-West	64	65	52
	West	47	38	32
I 3	Nord	63	50	51
	Ost	55	74	68
	Süd	77	71	68
	Süd-West	21	29	23
	West	28	31	25
I 4	Nord	26	26	23
	Ost	134	125	115
	Süd	32	32	33
	West	124	112	101
I 5	Nord	157	142	138
	Ost	37	55	50
	Süd	133	109	96
	West	42	53	51

\*) nach Informationen des Planungsamtes der Landeshauptstadt München

## 5.2 Simulationsrechnungen zum morgendlichen Berufsverkehr im Modellballungsraum München

Der morgendliche Berufsverkehr stellt immer noch eine der kritischsten Belastungssituationen im Ballungsraumverkehr dar. Auch im Modellballungsraum München ist dieser Verkehr während der morgendlichen Spitzenstunden sowohl in der Region wie auch in der Kernstadt München der dominante Verkehrszweck (Abb. 27). Die Simulationsrechnungen beziehen sich auf die morgendlichen Spitzenstunden des Berufsverkehrs an einem repräsentativen Werktag.

Die Rechnungen wurden einmal für den Fall „Einsatz von IuK-Techniken für verbesserte Leitempfehlungen“ (Fall „*veränderte Routenwahl im morgendlichen Berufsverkehr*“) (Kap. 5.2.1) durchgeführt, bei dem verschiedene Anteile der Berufspendler die verbesserten Informationen über den Belastungszustand des Straßennetzes während der morgendlichen Spitzenstunden des Berufspendlerverkehrs im Dreistundenintervall (6.00 - 9.00 Uhr) nutzen. Es wird angenommen, dass zu jeder Stunde des Dreistundenzeitraums 33% der gesamten Berufspendler des Ballungsraums unterwegs sind. Diesem Fall wird der Fall „*veränderte Zeitwahl im morgendlichen Berufsverkehr*“ (Kap. 5.2.2) gegenübergestellt, der durch eine vergleichsweise einfache organisatorische Maßnahme, nämlich der Spreizung des Zeitfensters des Arbeitsbeginns auf ein Vierstundenintervall (25% pro h) – dies entspricht einer Verteilung des Berufspendlerverkehrs auf die Zeit zwischen 6.00 - 10.00 Uhr – zu realisieren ist. In diesem Fall sind zu jeder Stunde 25% der Pendler unterwegs. Schließlich wurde noch der Fall „*Bildung von Fahrgemeinschaften im morgendlichen Berufsverkehr*“ (Kap. 5.2.3) untersucht, in dem die Besetzungszahl von 1 über 1,4 auf 2 erhöht wird.

### 5.2.1 Einsatz von IuK-Techniken für verbesserte Leitempfehlungen (Fall „*veränderte Routenwahl im morgendlichen Berufsverkehr*“)

In den Simulationsrechnungen „*veränderte Routenwahl im morgendlichen Berufsverkehr*“ werden verschiedene Verhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer, im speziellen Falle die der Berufspendler im morgendlichen Berufsverkehr, mittels verschiedener Umlegungsverfahren im Verkehrsmodell VISUM simuliert. Dabei werden die folgenden Fälle unterschieden:

1. **Referenzfall:** die Verkehrsteilnehmer nutzen das Straßennetz traditionell mit Präferenz für die *schnellste Verbindung im Vorrangstraßennetz ohne genaue Kenntnis des vorliegenden Belastungszustandes des Straßennetzes* (Umlegung im Sukzessivverfahren in vier Schritten)
2. **Routensucher:** einzelne Berufspendler wählen ihre Fahrtroute entsprechend den Weisungen eines individuellen dynamischen Leitsystems im wie im Referenzfall belasteten Straßennetz (**Nutzeroptimum**)(Simulation mit dem Gleichgewichtsverfahren)
3. **20% Telematikanteil:** 20% der Berufspendler in der morgendlichen Spitzenstunde wählen ihre Fahrtroute entsprechend den Weisungen eines individuellen dynamischen Leitsystems (Umlegung des 20 % Berufspendleranteils im Gleichgewichtsverfahren - Grundbelastung und restliche 80% der betrachteten Berufspendler - im Sukzessivverfahren)
4. **40% Telematikanteil:** 40% der Berufspendler in der morgendlichen Spitzenstunde wählen ihre Fahrtroute entsprechend den Weisungen eines individuellen dynamischen Leitsystems (Umlegung des 40 % Berufspendleranteils im Gleichgewichtsverfahren - Grundbelastung und restliche 60% der betrachteten Berufspendler - im Sukzessivverfahren)

5. **100% Telematikanteil:** 100% der Berufspendler in der morgendlichen Spitzenstunde wählen ihre Fahrtroute entsprechend den Weisungen eines individuellen dynamischen Leitsystems (Umlegung der Grundbelastung im Sukzessivverfahren und der Berufspendler im Gleichgewichtsverfahren)
6. **Fall „optimale Auslastung des Straßennetzes“:** alle Verkehrsteilnehmer wählen ihre Fahrtroute entsprechend der theoretisch errechneten „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes im Ballungsraum (Umlegung im Gleichgewichtsverfahren). Dieser Fall entspricht dem *Systemoptimum* der Auslastung des Straßennetzes im Ballungsraum.

Die Simulationsrechnungen „veränderte Routenwahl“ werden bezüglich der mittleren Reisezeit, der mittleren Reiseweite und der mittleren Geschwindigkeit ausgewertet.

Im Fall ‚Routensucher‘ starten vier Fahrzeuge von der Peripherie des Ballungsraums mit dem Ziel München, Innenstadt. Das Netz ist entsprechend dem Referenzfall belastet. Die Rechnungen zu den optimalen Routen, Reisezeiten, Reiseweiten und Geschwindigkeiten *ausgewählter einzelner Berufspendler (Nutzeroptimum)* mit individuellen dynamischen Leitsystemen zeigen für die Routensucher erhebliche potenzielle Zeitgewinne, die ihre morgendliche Fahrtroute von ihren Wohnorten zu einem Arbeitsplatz in der Nähe des Olympiastadions entsprechend den Empfehlungen für eine optimale Routenwahl in Kenntnis des vorliegenden Belastungszustand des Straßennetzes wählen (Abb. 28 und Tabelle 10). Die Reisezeiten, die im unbelasteten Netz je nach betrachteter Route zwischen 32 Minuten und 45 Minuten betragen würden, wachsen im belasteten Netz auf den gleichen Routen erheblich an, nämlich auf Werte von beinahe 2h bis 2h 30min. Die optimale Routenwahl in Kenntnis des Belastungszustandes führt zu deutlichen Reisezeitgewinnen zwischen 16 Minuten und fast 34 Minuten, was einem prozentualen Reisezeitgewinn zwischen 13% und 22% entspricht. Diese Gewinne werden allerdings bis auf eine Ausnahme mit erheblich größeren Reisedrecken zwischen 7 km und 20 km erkaufte.

Die Rechnungen zeigen unterschiedliche Auswirkungen, so verlaufen die für die Berufspendler errechneten zeitgünstigsten Routen im Falle eines belasteten Straßennetzes sowohl auf untergeordneten Straßen als auch auf dem Vorrangstraßennetz. Insbesondere im letzteren Fall sind die Ausweichrouten mit zum Teil erheblich längeren Reisedrecken verbunden. Diese größeren Streckenlängen werden in der Regel nicht nur den Kraftstoffverbrauch sondern auch die Emissionen erhöhen.

Die für einzelne Routensucher mit individuellen dynamischen Leitsystemen errechneten individuellen Reisezeitgewinne relativieren sich je größer die Ausstattungsquote der Fahrzeuge mit diesen Systemen ist. Die Untersuchungen *verschiedener Gruppen von Berufspendlern mit Ausstattungsquoten von 20%, 40% und 100%* mit diesen Leitsystemen (Fälle 3-5) zeigen erheblich geringere Reisezeitgewinne als für den Fall 2 „*einzelner Routensucher*“ bei etwa gleichen Streckenlängen im Gesamtbereich des Ballungsraums (Tabelle 11). So betragen die mittleren Reisezeitgewinne der mit individuellen dynamischen Leitsystemen ausgestatteten Berufspendler etwa vier Minuten, dies entspricht etwa 10% der mittleren Reisezeit bezogen auf den Fall „ohne Leitsystem“, wobei die Unterschiede zwischen den verschiedenen Ausstattungsquoten relativ gering sind. Bedeutender wirkt sich die zunehmende Ausstattungsquote auf die mittlere Reisezeit und die mittlere Geschwindigkeit aller Berufspendler aus, also auch derjenigen, die nicht über individuellen Leitsysteme verfügen (Tabelle 12). Dies bestätigt die These, dass die zunehmende Ausstattungsquote sich effektivitätssteigernd für das gesamte Verkehrssystem auswirkt.

Die verbesserte Auslastung des gesamten Straßensystems mit wachsender Ausstattung von Fahrzeugen mit individuellen dynamischen Leitsystemen zeigen auch die Rechnungen zur mittleren Reisezeit, Reiseweite und Geschwindigkeit der **Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer** (Tabelle 13), denn auch hier werden geringfügige Reisezeitgewinne bei zunehmender Ausstattung der Fahrzeugflotten der Berufspendler mit diesen Leitsystemen erhalten.

Der theoretisch interessante Extremfall, dass *alle Fahrzeuge, die zur Zeit des morgendlichen Berufsverkehrs* im Ballungsraum unterwegs sind, zur „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes beitragen (Systemoptimum), vergrößert den mittleren Reisezeitgewinn für Berufspendler nochmals um mehr als eine Minute (Tabelle 12) und den aller Verkehrsteilnehmer um mehr als zwei Minuten (Tabelle 13), jeweils bezogen auf den Fall 100%ige Ausstattung der Berufspendler mit den entsprechenden Leitsystemen. Die zunehmende Ausstattungsquote von Fahrzeugen mit individuellen dynamischen Leitsystemen erhöht somit den Reisezeitgewinn für die Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit Untersuchungen, die im Rahmen des Pilotprojekts STORM durchgeführt wurden. Auch dort wurden für den Fall einer wachsenden Ausstattungsquote von Fahrzeugen mit diesen Diensten Vorteile für den übrigen motorisierten Verkehr abgeschätzt (Kühne, 1999).

Tabelle 10: Einfluss der Routenwahl auf die Reiseweite und Reisezeit im unbelasteten und belasteten Verkehrsnetz bei vorgegebener Quell-Ziel-Beziehung im Modellballungsraum München

		optimale Routen im unbelasteten Netz			optimale Routen im belasteten Netz		
		Reiseweite (km)	Reisezeit (h:min:sec)		Reiseweite (km)	Reisezeit (h:min:sec)	Reisezeitgewinn (h:min:sec)
Von Bez.-Nr.	Nach Bez.-Nr.		optimal	fiktiv im belasteten Netz		optimal	
7921 (West)	1121	37,145	00:32:32	<b>02:32:26</b>	58,861	<b>01:58:28</b>	<b>00:33:58</b>
7815 (Nord)	1121	50,876	00:38:52	<b>01:51:46</b>	49,905	<b>01:26:29</b>	<b>00:25:17</b>
7517 (Ost)	1121	50,858	00:44:55	<b>02:09:29</b>	57,173	<b>01:53:14</b>	<b>00:16:15</b>
8913 (Süd)	1121	52,904	00:45:19	<b>02:25:16</b>	62,711	<b>02:06:45</b>	<b>00:18:31</b>

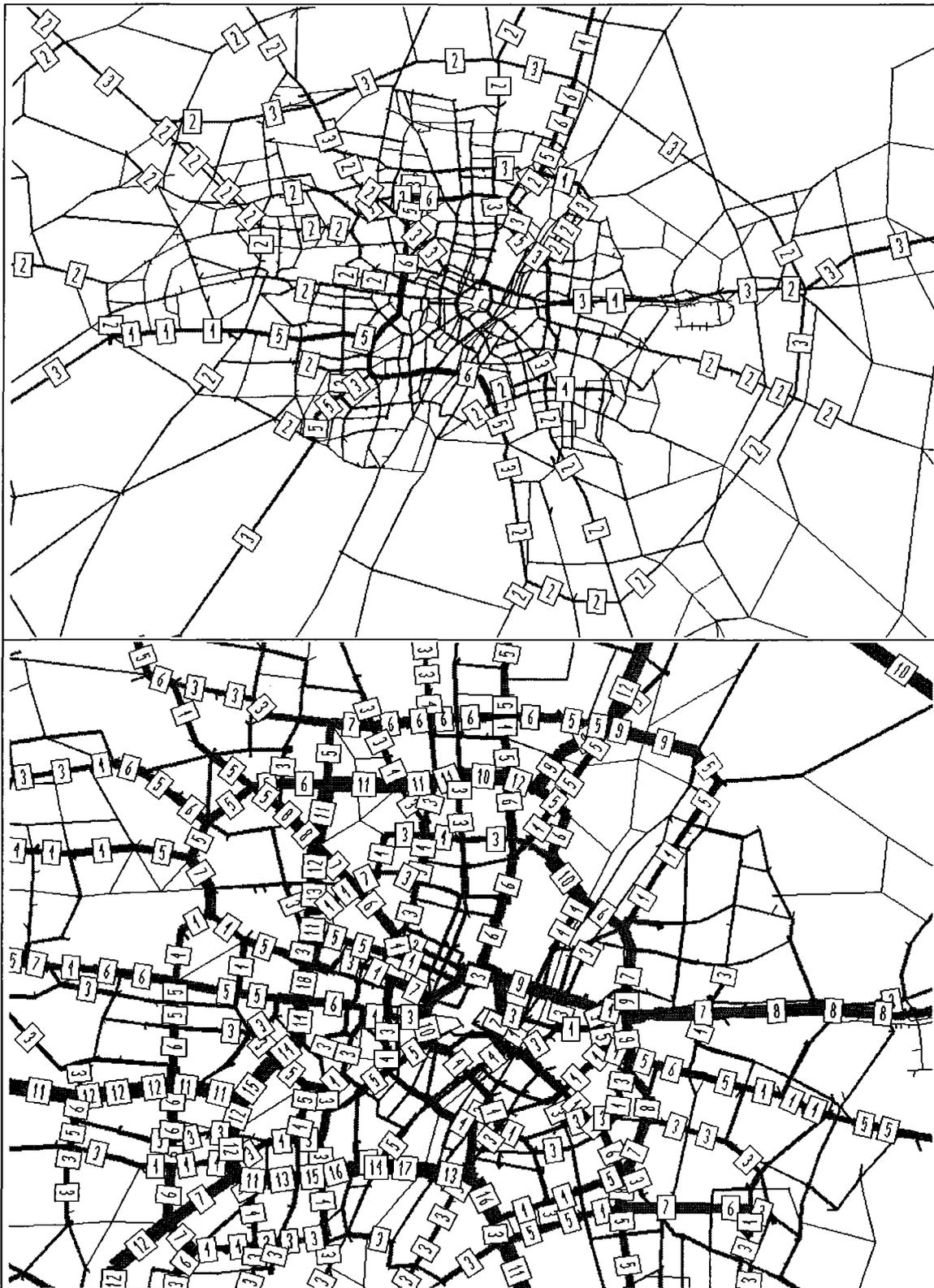


Abb. 27: Verkehrsströme der Berufspendler in der morgendlichen Spitzenstunde (33% der Berufspendler pro h) im Straßennetz der Region (oben) und der Kernstadt (unten) des Modellballungsraums München – Referenzfall (Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h, beschriftet sind oben nur Werte  $\geq 2000$  Kfz/24 h, unten Werte  $\geq 3000$  Kfz/24 h)

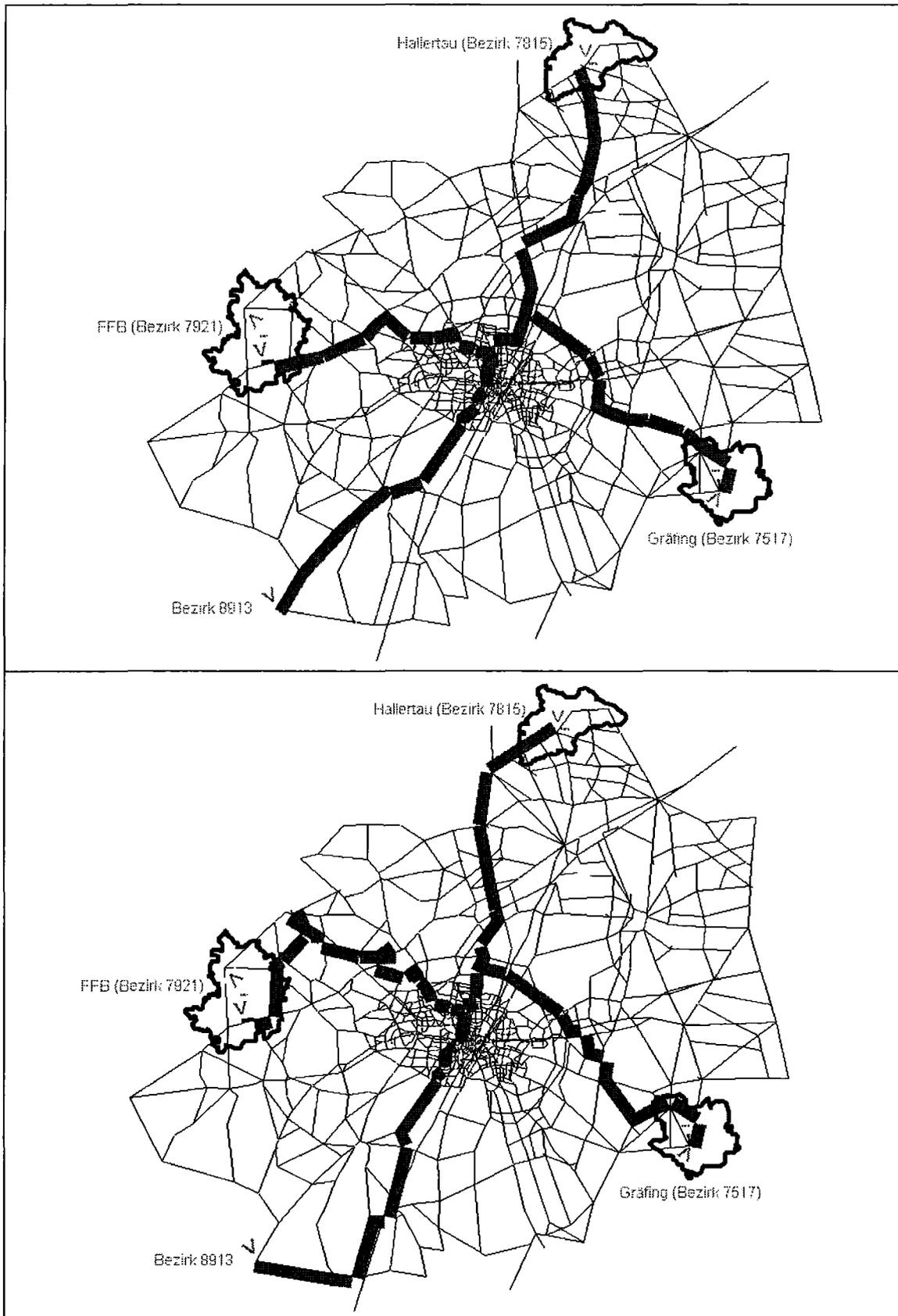


Abb. 28: Routenwahl im morgendlichen Berufsverkehr für die Fälle des unbelasteten (oben) und des belasteten (unten) Verkehrsnetzes im Modellballungsraum München

Tabelle 11: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge der Berufspendler mit individuellen, dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit dieser **Berufspendler**

Ausstattungsquote - Telematik:	Berufspendler mit Telematik			
	ohne (0%)	20% Pendler	40% Pendler	100% Pendler
Anzahl Fahrzeuge mit Telematik	0	36.316	72.230	180.438
Mittlere Geschwindigkeit (km/h)	18,73	21,86	21,62	21,36
Mittlere Reiseweite pro Fahrzeug (km)	13,70	14,27	14,19	13,95
Mittlere Reisezeit pro Fahrzeug (h:min:sec)	0:43:52	0:39:10	0:39:23	0:39:11

Tabelle 12: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge der Berufspendler mit individuellen, dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit **aller Berufspendler**

Ausstattungsquote - Telematik:	Alle Berufspendler				
	ohne (0%)	20% Pendler	40% Pendler	100% Pendler	Systemoptimum
Anzahl Fahrzeuge mit Telematik	0	36.316	72.230	180.438	378.565
Mittlere Geschwindigkeit (km/h)	18,73	19,68	20,21	21,36	21,43
Mittlere Reiseweite pro Fahrzeug (km)	13,70	13,72	13,78	13,95	13,45
Mittlere Reisezeit pro Fahrzeug (h:min:sec)	0:43:52	0:41:50	0:40:55	0:39:11	0:37:40

Tabelle 13: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge der Berufspendler mit individuellen, dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit der **Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer** (378.565 Fahrzeuge)

Ausstattungsquote - Telematik:	Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer				
	ohne (0%)	20% Pendler	40% Pendler	100% Pendler	Systemoptimum
Anzahl Fahrzeuge mit Telematik	0	36.316	72.230	180.438	378.565
Mittlere Geschwindigkeit (km/h)	21,00	21,70	22,05	22,58	24,00
Mittlere Reiseweite pro Fahrzeug (km)	15,27	15,24	15,23	15,23	15,11
Mittlere Reisezeit pro Fahrzeug (h:min:sec)	0:43:38	0:42:09	0:41:26	0:40:28	0:37:46

### 5.2.2 Simulationsrechnungen für den Fall „veränderte Zeitwahl im morgendlichen Berufsverkehr“

Die Simulationsrechnungen „veränderte Zeitwahl im morgendlichen Berufsverkehr“ beschreiben den im Vergleich zur Routensuche mittels individuellen dynamischen Leitsystemen organisatorisch vergleichsweise einfach zu realisierenden Fall *der Spreizung des Zeitfensters des morgendlichen Berufspendlerverkehrs* auf vier Stunden. Dieser Fall kann durch eine weitere Spreizung des Gleitzeitrahmens, speziell des Arbeitsbeginns, realisiert werden. Diese Maßnahme ergibt für das Gesamtkollektiv der Münchener Berufspendler einen mittleren Reisezeitgewinn von etwa 7 Minuten, d.h. die mittlere Reisezeit verkürzt sich um etwa 15% (Tabelle 14). Aber nicht nur die Berufspendler, sondern alle Verkehrsteilnehmer, die während der Spitzenstunde des morgendlichen Berufsverkehrs unterwegs sind, also auch der morgendliche Wirtschaftsverkehr, würden von dieser Maßnahme profitieren. Dieses Ergebnis zeigt, dass eine relativ einfache organisatorische Maßnahme größere verkehrliche Wirkungen auf das Gesamtsystem haben kann als der Einsatz aufwendiger Technik. Es zeigt weiterhin die Notwendigkeit von systematischen Wirksamkeits- und Folgenanalysen zum Einsatz neuer Techniken.

Tabelle 14: Mittlere Reiseweite, Reisezeit und Geschwindigkeit für verschiedene Annahmen zur zeitlichen Verteilung des Berufsverkehrs im Modellballungsraum München für die Spitzenstunde des morgendlichen Berufsverkehrs

zeitliche Verteilung des Berufspendlerverkehrs:	Berufspendler		alle Verkehrsteilnehmer	
	auf 3 Stunden	auf 4 Stunden	auf 3 Stunden	auf 4 Stunden
Anzahl der Fahrzeuge pro h	180.438	136.656	378.565	334.783
mittlere Geschwindigkeit (km/h)	18,73	22,10	21,00	24,58
mittlere Reiseweite pro Fahrzeug (km)	13,70	13,56	15,27	15,36
mittlere Reisezeit pro Fahrzeug (h:min:sec)	0:43:52	0:36:50	0:43:38	0:37:30

### 5.2.3 Simulationsrechnungen für den Fall „Bildung von Mitfahrgemeinschaften im morgendlichen Berufsverkehr“

Sowohl das bereits erwähnte EU-Forschungsprojekt ICARO wie auch die Leitprojekte „Mobilität in Ballungsräumen“, die mit Unterstützung des BMBF in fünf deutschen Städten durchgeführt werden, geben interessante Hinweise auf die Gestaltungsmöglichkeiten des Ballungsraumverkehrs. So werden in dem Projekt *Mobi-As* im Rahmen des Leitprojekts *mobilst* in Stuttgart die Möglichkeiten zur Bildung von *flexiblen Fahrgemeinschaften im Berufspendlerverkehr* untersucht, wie sie durch die verbesserten Informations- und Abstimmungsmöglichkeiten mit Hilfe der neuen IuK-Techniken zu erwarten sind. Hierzu wird ein „Transportauskunftssystem zur Bildung von Mitfahrgemeinschaften“, bestehend aus den Modulen „Routen-“, „Dispositions-“ und „Kommunikationsserver“ entwickelt, eingeführt und für unterschiedliche Anwendergruppen erprobt. Sollten diese neuen Dienste bei den Verkehrsteilnehmern Akzeptanz finden, so sind Steigerungen der Besetzungszahlen der Fahrzeuge und damit verkehrliche Wirkungen wie insbesondere eine Verminderung des Verkehrsauf-

kommens und damit einhergehend auch eine Reduktion der Umweltbelastungen durch den Verkehr in den Ballungsräumen zu erwarten. Um das *Potenzial dieser neuen Möglichkeiten* abzuschätzen, wurden Simulationsrechnungen für unterschiedliche Besetzungszahlen im morgendlichen Berufspendlerverkehr für den Modellballungsraum München durchgeführt, diesem sowohl im Innenstadtbereich als auch im Umland während der morgendlichen Spitzenstunde dominanten Verkehrszweck.

Die Erhöhung der gegenwärtig sehr niedrigen Besetzungszahl der Fahrzeuge im Berufspendlerverkehr von 1 auf die Werte 1,4 und 2 zeigt eine deutliche Wirkung für den Zeitraum der simulierten morgendlichen Spitzenstunde des Berufsverkehrs. Bereits die Darstellung der Verkehrsströme im gesamten Ballungsraum (Abb. 29) wie auch in der Kernstadt (Abb. 30) zeigen die Entlastung des Straßennetzes durch diese einfache organisatorische Maßnahme. Für den Fall einer 40% höheren Besetzungszahl (Besetzungszahl 1,4) der Fahrzeuge im Vergleich zum Referenzfall (Besetzungszahl 1,06) vermindert sich die mittlere Reisezeit der Berufspendler um über 8 Minuten, eine Verdopplung der Besetzungszahl (Besetzungszahl 2) erbringt eine weitere Reduktion von etwa 4 Minuten. Diese Effektivitätssteigerung des Berufspendlerverkehrs hat für den betrachteten Zeitraum auch Auswirkungen auf des Gesamtsystem des Straßenverkehrs, also auch auf den morgendlichen Wirtschaftsverkehr (Tabelle 15). Die erhebliche Verbesserung der morgendlichen Verkehrssituation wird auch an den Isochronendarstellungen der Pendlerfahrzeiten zu einer ausgewählten Arbeitsstätte im Norden Münchens deutlich (Abb. 31). Diese Darstellungen weisen die räumlichen Bereiche aus, von denen aus ein *zusätzlicher motorisierter Verkehrsteilnehmer* ein vorgegebenes Ziel, in unserem Falle die ausgewählte Arbeitsstätte, innerhalb bestimmter Zeitintervalle erreichen kann. Die Erhöhung der Besetzungszahl kann somit als eine sehr wirksame Maßnahme zur Steigerung der Effektivität des Ballungsraumverkehrs angesehen werden.

Tabelle 15: Mittlere Reisezeit, Reiseweite und Geschwindigkeit pro Fahrzeug in Abhängigkeit von der Besetzungszahl im Berufspendlerverkehr (33%)

Besetzungszahl	Berufspendler			alle Verkehrsteilnehmer		
	1	1,4	2	1	1,4	2
Anzahl der Fahrzeuge	180.438	128.839	90.128	378.565	326.966	288.255
mittlere Geschwindigkeit (km/h)	18,73	22,82	26,03	21,00	25,35	28,73
mittlere Reiseweite (km)	13,70	13,55	13,47	15,27	15,39	15,56
mittlere Reisezeit (h:min:sec)	0:43:52	0:35:38	0:31:03	0:43:38	0:36:26	0:32:30

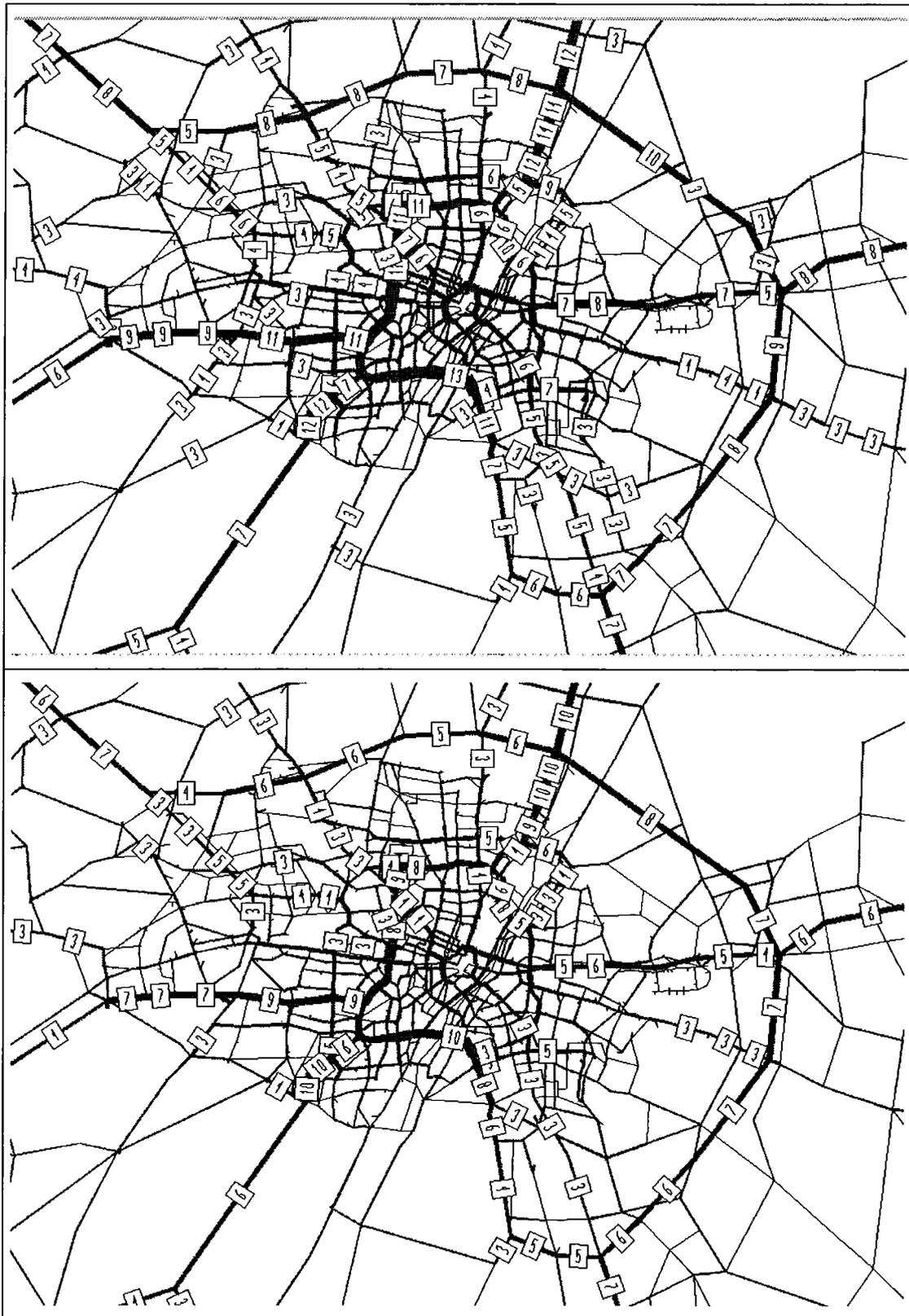


Abb. 29: Gesamtverkehrsströme im Straßennetz des Ballungsraums München in der morgendlichen Spitzenstunde des Berufsverkehrs (33% Berufspendler pro Stunde) für die **Besetzungszahlen 1 – Standardfall (oben) und 2 – Extremfall (unten)**  
(Querschnittswerte in 1000 Kfz/ 24 h)

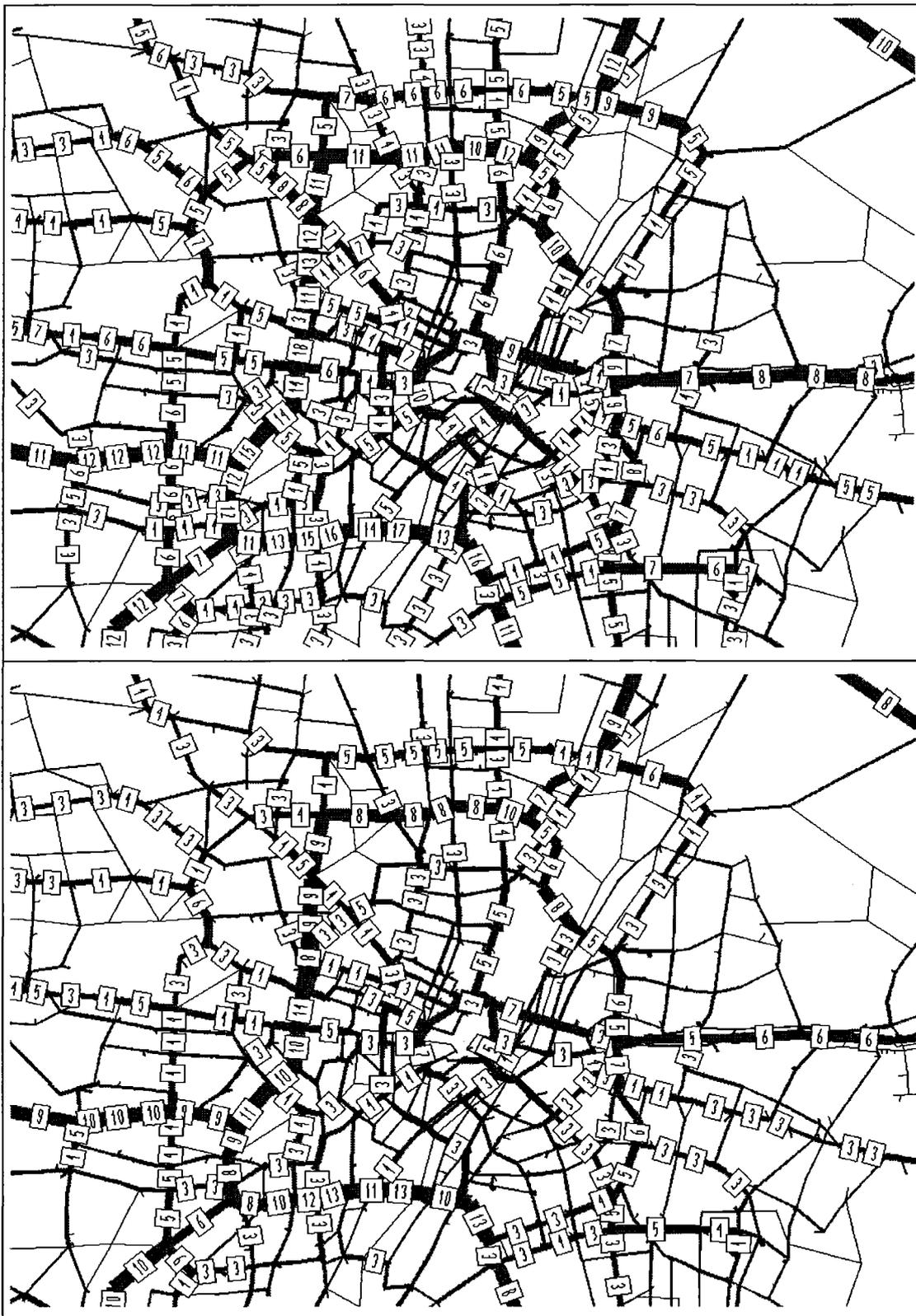


Abb. 30: Gesamtverkehrsströme im Straßennetz des Stadtgebiets Münchens in der morgendlichen Spitzenstunde des Berufsverkehrs (33% Berufspendler pro Stunde) für die **Besetzungszahlen 1 – Standardfall (oben) und 2 – Extremfall (unten)**  
(Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h)

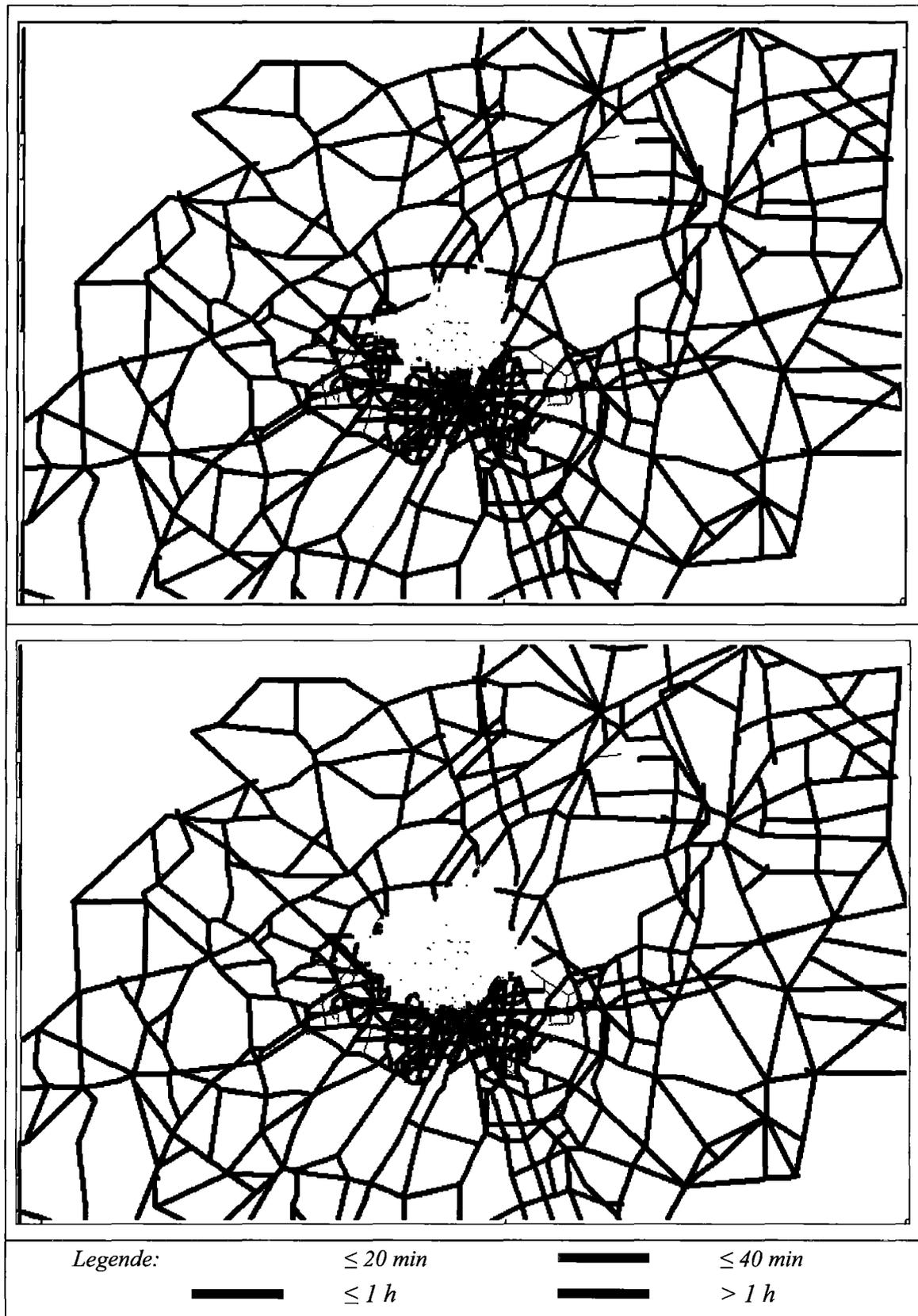


Abb. 31: Isochronen für ein ausgewähltes Ziel in München: Referenzfall - Besetzungszahl 1 (oben) und Besetzungszahl 2 (unten)

### 5.3 Simulationsrechnungen zum „Telematikeinsatz im Urlaubsverkehr an einem ausgewählten Werktag in der Ferienzeit“ für den Modellballungsraum München

Von besonderem Interesse sind die Wirkungen und Folgen der demnächst zur Verfügung stehenden verbesserten Verkehrsleitmöglichkeiten mittels individueller dynamischer Leitsysteme bei besonderen Ereignissen, die mit erheblicher zusätzlicher Verkehrsbelastung verbunden sind. Dies sind zum Beispiel die Zeiten des Beginns und des Endes der Sommerferien, die dem Ballungsraum München erhebliche Verkehrsprobleme bescheren. Die Auswertungen der vom Stadtplanungsamt zur Verfügung gestellten Daten zeigen, dass die Freitage in der Ferienzeit zu den höchsten Belastungen des Straßennetzes im Außenbereich des Ballungsraums führen. In Anlehnung an diese Daten wurde für einen normalen Werktag eine erhebliche Zusatzbelastung durch den Urlaubsverkehr simuliert (Tabelle 16).

Wie bereits beim „Telematikeinsatz im Berufsverkehr“ wurden wiederum verschiedene Ausstattungsquoten der Pkw – hier der Urlauberfahrzeuge - mit individuellen dynamischen Leitsystemen angenommen. Auch in diesem Fall kann der Einsatz der Leitsysteme, die von privaten Anbietern gegen entsprechende Vergütung bereitgestellt werden, wie bereits erwähnt, den verkehrspolitischen Vorgaben der Kommune entgegenstehen, da diese Systeme dem entsprechend ausgestatteten Verkehrsteilnehmer gestatten, bei Stausituationen ins untergeordnete Straßennetz auszuweichen. In den Simulationsrechnungen wurden die folgenden Fälle des Einsatzes der neuen Leitsysteme in Urlauberfahrzeugen zusammen mit entsprechenden Referenzfällen untersucht:

1. **Referenzfall:** alle Verkehrsteilnehmer nutzen das Straßennetz traditionell mit Präferenz für die *schnellste Verbindung im Vorrangstraßennetz ohne genaue Kenntnis des vorliegenden Belastungszustandes des Straßennetzes* (Umlegung im Sukzessivverfahren in acht Schritten), der Urlaubsverkehr verbleibt auf den Autobahnen (A8, A9, A99)
2. **Routensucher:** einzelne Urlauber wählen ihre Fahrtroute entsprechend den Weisungen eines individuellen dynamischen Leitsystems im wie im Referenzfall belasteten Straßennetz (*Nutzeroptimum*)
3. **20% Telematikanteil:** 20% der Urlauber wählen ihre Fahrtroute entsprechend den Weisungen eines individuellen dynamischen Leitsystems (Umlegung des 20 prozentigen Urlauberanteils im Gleichgewichtsverfahren und des restlichen Verkehrs wie im Referenzfall)
4. **40% Telematikanteil:** 40% der Urlauber wählen ihre Fahrtroute entsprechend den Weisungen eines individuellen dynamischen Leitsystems (Umlegung des 40 prozentigen Urlauberanteils im Gleichgewichtsverfahren und des restlichen Verkehrs wie im Referenzfall)
5. **100% Telematikanteil:** 100% der Urlauber wählen ihre Fahrtroute entsprechend den Weisungen eines individuellen dynamischen Leitsystems (Umlegung der Grundbelastung im Sukzessivverfahren und des Urlauberanteils im Gleichgewichtsverfahren)
6. **Fall „optimale Auslastung des Straßennetzes“:** alle Verkehrsteilnehmer wählen ihre Fahrtroute entsprechend der theoretisch errechneten „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes im Ballungsraum (Umlegung im Gleichgewichtsverfahren).

Tabelle 16: Vergleich des tatsächlichen Verkehrsaufkommens (Messwerte Juli 1999) und der errechneten Werte für ausgewählte Verkehrsknotenpunkte des äußeren Bereichs Münchens an einem Werktag in den Ferien  
(Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h)

	Richtung	Messwerte Juli 1999 (Autobahnzählstellen) Freitag, den 30.07.99 * Samstag, den 31.07.99			Rechenwerte				
		mittlerer Werktag ①	Spitzen- wert ②	$\Delta$ ② - ①	Referenzfall		$\Delta$ ④ - ③	System- optimum ⑤	$\Delta$ ④ - ⑤
					mittlerer Werktag ③	Urlaubs- verkehr ④			
A 1	Nord-West (Stuttgart)	77	91	14	72	87	15	77	10
	Ost				45	60	15	47	13
	Süd-Ost (Innenstadt)				32	32	0	31	1
A 2	Nord	149	167	18	106	126	20	109	17
	Ost		* 123		86	121	35	97	24
	Süd				103	103	0	95	8
	West	63	71	8	64	79	15	66	13
A 3	Nord				72	107	35	80	27
	Ost				59	59	0	53	6
	Süd		* 134		79	114	35	83	31
	West				34	34	0	33	1
A 4	Nord (Tunnel Neubiberg)		* 35		34	34	0	40	-6
	Nord-Ost				68	103	35	78	25
	Süd (Salzburg)	109	138 * 143	29 * 34	82	117	35	101	16
	West (München)	72	79	6	49	49	0	49	0
A 5	Nord				99	99	0	89	10
	Süd				66	66	0	62	4
	West				45	45	0	41	4
A 6	Nord				18	18	0	14	4
	Ost				96	96	0	92	4
	Süd				47	47	0	40	7
	West				89	89	0	79	10

Bei den hier durchgeführten *Analysen zu einem ausgewählten Werktag in der Ferienzeit* wird angenommen, dass außer dem normalen Werktagsverkehr innerhalb eines Tages noch weitere 40.000 Fahrzeuge des Urlauberverkehrs den Ballungsraum München passieren, jeweils 15.000 Fahrzeuge von Westen kommend nach Süden (von der A8 aus Richtung Stuttgart zur A 8 in Richtung Salzburg) und von Norden kommend ebenfalls nach Süden (von der A9 aus Richtung Nürnberg kommend zur A8 in Richtung Salzburg) sowie jeweils 5.000 Fahrzeuge aus Richtung Salzburg kommend in Richtung A9 Nürnberg bzw. Richtung A8 Stuttgart. Der Vergleich des aufgrund dieser Annahmen auftretenden Verkehrsaufkommens an ausgewählten Verkehrsknotenpunkten mit der tatsächlichen Belastung an einem Spitzenbelastungstag im Juli 1999 zeigt, dass die gewählten Annahmen noch unterhalb der tatsächlichen Belastungswerte liegen (Tabelle 16).

Die Simulationsrechnung für den Referenzfall „Verbleib des Urlauberverkehrs auf den Autobahnen“ zeigt die erhebliche Zusatzbelastung des äußeren Vorrangstraßensystems im Norden und Osten des Ballungsraums (Abb. 32a). Für den Urlaubsverkehr wird in diesem Fall eine mittlere Reisezeit für die Durchquerung des Ballungsraums von über 3 Stunden errechnet (Tabelle 17).

Der Einsatz individueller dynamischer Leitsysteme erbringt den Nutzern dieser Systeme erhebliche Reisezeitgewinne bei der Durchquerung des Ballungsraumes von etwa einer Stunde und mehr. Den größten Vorteil hat wiederum ein „*einzelner Routensucher*“ in einem entsprechend dem Referenzfall belasteten Straßennetz, hier beträgt der Reisezeitgewinn etwa 1 h und 20 min, das sind etwa 40% der Passagezeit (Tabelle 17). Dieser Vorteil wird durch eine weiträumige Umfahrung Münchens erreicht (Abb. 32b). Der Reisezeitgewinn vermindert sich allerdings in geringem Umfang mit wachsender Ausstattungsquote der Urlauberverfahrzeuge mit Leitsystemen auf einen Wert von etwa einer Stunde, das sind immer noch etwa 25% der Passagezeit, für den Fall, dass 100% der Urlauberverfahrzeuge mit Leitsystemen ausgestattet sind (Tabelle 17). Die zunehmende Ausstattungsquote von Urlauberverfahrzeugen mit diesen Leitsystemen wirkt sich wiederum positiv auf die mittlere Reisezeit der Fahrzeuge anderer Verkehrsteilnehmer aus, die nicht mit diesen Systemen ausgestattet sind. Dies gilt sowohl für den gesamten Urlauberverkehr (Tabelle 18), wie auch für die Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer (Tabelle 19).

Die Vorteile für den Urlauberverkehr sind jedoch mit einer erheblichen Belastung für den Bereich der Kernstadt wie auch des Umlandes verbunden. Bereits für den Fall, dass 20% oder 40% der Fahrzeuge über Leitsysteme verfügen, sind wesentliche Verlagerungen erkennbar (Abb. 33 und Abb. 34). Für den Fall einer 100% Ausstattung der Urlauberverfahrzeuge mit diesen Leitsystemen wählt nur etwa ein Drittel des Urlauberverkehrs die Autobahn nordöstlich Münchens (Abb. 35). Die damit verbundenen Belastungen des Innenstadtbereichs wie auch des Umlandes des Ballungsraums dürften dem verkehrspolitischen Konzept einer Bündelung des Verkehrs auf dem Vorrangstraßennetz widersprechen.

Ähnlich wie im Fall „*Telematikeinsatz im Berufsverkehr*“ ist auch hier wiederum die wachsende Ausstattung von Fahrzeugen einer Teilgruppe der Verkehrsteilnehmer, nämlich der Urlauber, mit individuellen dynamischen Leitsystemen mit einer Verringerung der Reisezeiten der Gesamtgruppe aller Verkehrsteilnehmer verbunden (Tabelle 19). Interessant ist wiederum der Vergleich der bisher betrachteten Fälle mit dem Fall einer „*optimalen*“ Auslastung des Straßennetzes (Systemoptimum). Für diesen Fall werden sowohl für den Urlauberverkehr wie auch für den normalen Werktagsverkehr nochmals Reisezeitgewinne erhalten.

So beträgt der mittlere Reisezeitgewinn für den Urlauberverkehr etwa 6 min und für alle Verkehrsteilnehmer etwa 2 min jeweils im Vergleich zum Fall „100% Telematikeinsatz im Urlauberverkehr“.

Der errechnete Verkehrsfluss für den Fall der optimalen Auslastung des Straßennetzes gibt interessante Hinweise für eine *effiziente Verkehrslenkung*. So fließt der Urlauberverkehr in diesem Fall vorzugsweise unter Umgehung des Stadtgebietes auf der Autobahn nordöstlich Münchens in ähnlicher Weise wie im Referenzfall (Abb. 36). Die Verbesserung des Verkehrsflusses und die Verminderung der mittleren Reisezeiten im Vergleich zum Referenzfall ergibt sich jedoch dadurch, dass dieses Umgehungsstraßensystem vom normalen Werktagsverkehr weitgehend entlastet ist. Sehr wirkungsvoll ließe sich eine solche Lenkungsstrategie bei besonderen Ereignissen durch eine geregelte Zuflussregelung (ramp metering) oder eine Bepreisung der Umgehungsstraßen mittels belastungsabhängiger Straßenbenutzungsgebühren umsetzen.

Tabelle 17: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge im Urlaubsverkehr mit individuellen dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit (maximal 40.000 Fahrzeuge)

	mit Telematik ausgestatteter Urlaubsverkehr				
Ausstattungsquote - Telematik:	Referenzfall ohne (0%)	Routensucher	20% Urlauber	40% Urlauber	100% Urlauber
Anzahl Fahrzeuge mit Telematik	0	4	8.000	16.000	40.000
mittlere Geschwindigkeit (km/h)	26,24	47,91	42,31	39,46	36,82
mittlere Reiseweite pro Fahrzeug (km)	88,42	93,82	94,29	93,62	89,13
mittlere Reisezeit pro Fahrzeug (h:min:sec)	3:22:12	1:57:30	2:13:44	2:22:21	2:25:16

Tabelle 18: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge im Urlaubsverkehrs mit individuellen dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit aller Urlauber (40.000 Fahrzeuge)

	gesamter Urlaubsverkehr				
Ausstattungsquote - Telematik:	ohne (0%)	20% Urlauber	40% Urlauber	100% Urlauber	Systemoptimum
Anzahl Fahrzeuge mit Telematik	0	8.000	16.000	40.000	2.984.588
mittlere Geschwindigkeit (km/h)	26,24	31,16	34,81	36,82	37,69
mittlere Reiseweite pro Fahrzeug (km)	88,42	89,59	90,50	89,13	87,37
mittlere Reisezeit pro Fahrzeug (h:min:sec)	3:22:12	2:52:29	2:35:58	2:25:16	2:19:05

Tabelle 19: Einfluss verschiedener Ausstattungsquoten der Fahrzeuge im Urlaubsverkehrs mit individuellen dynamischen Leitsystemen auf die mittlere Reisezeit, mittlere Reiseweite und mittlere Geschwindigkeit des **Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer** (2.984.588 Fahrzeuge)

	<b>Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer</b>				
<b>Ausstattungsquote - Telematik:</b>	<b>ohne (0%)</b>	<b>20% Urlauber</b>	<b>40% Urlauber</b>	<b>100% Urlauber</b>	<b>Systemoptimum</b>
<b>Anzahl Fahrzeuge mit Telematik</b>	0	8.000	16.000	40.000	2.984.588
<b>mittlere Geschwindigkeit (km/h)</b>	28,22	28,81	29,21	29,43	31,22
<b>mittlere Reiseweite pro Fahrzeug (km)</b>	16,78	16,80	16,81	16,79	16,59
<b>mittlere Reisezeit pro Fahrzeug (h:min:sec)</b>	<b>0:35:41</b>	<b>0:34:59</b>	<b>0:34:32</b>	<b>0:34:14</b>	<b>0:31:52</b>

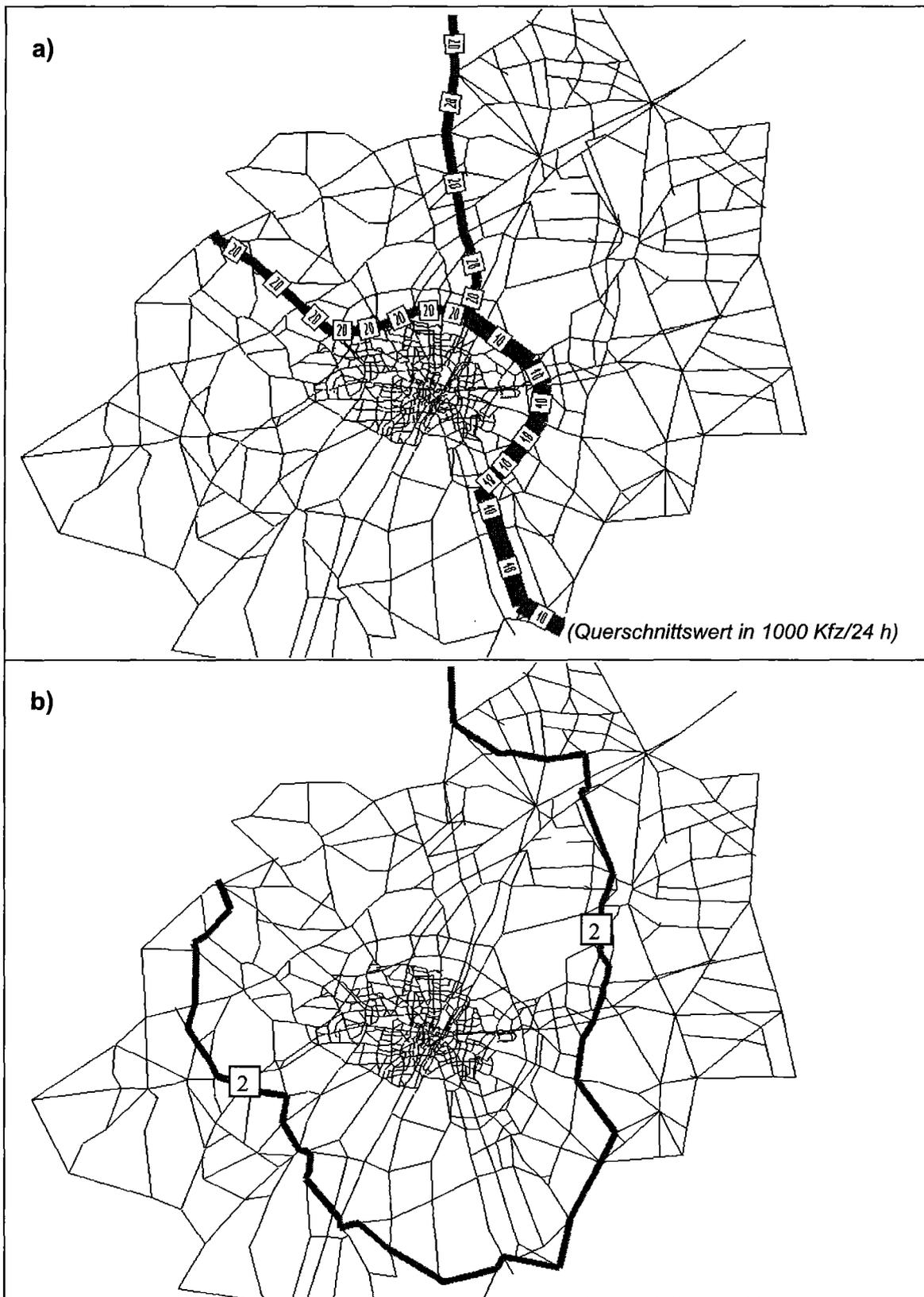


Abb. 32 a) Zusatzbelastung des Straßennetzes durch den Urlaubsdurchgangsverkehr im **Ballungsraum München** an einem Freitag in den Ferien – **Referenzfall „Urlaubsverkehr bleibt auf den Autobahnen“** und  
b) **Fall 2 „Routensucher“** auf dem belasteten Netz



Abb. 33: Zusatzbelastung des Straßennetzes durch den Urlaubsdurchgangsverkehr im Ballungsraum München an einem Freitag in den Ferien – Fall 3 „20% des Urlaubsverkehrs ist mit Telematik ausgestattet“ gesamter Raum (oben) und Innenstadtbereich (unten) (Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h, beschriftet sind nur Werte  $\geq 3000$  Kfz/24 h)

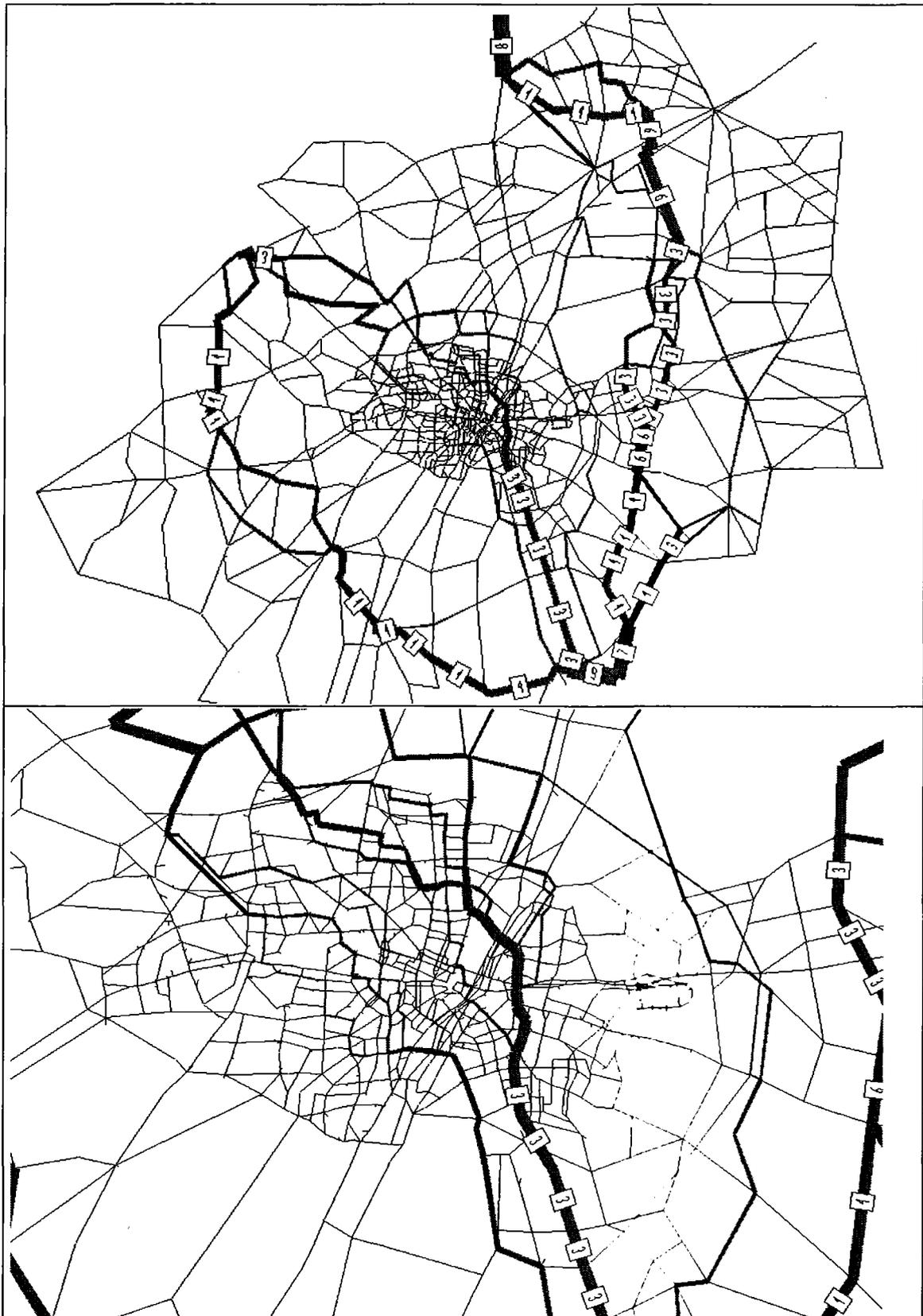


Abb. 34: Zusatzbelastung des Straßennetzes durch den Urlaubsdurchgangsverkehr im Ballungsraum München an einem Freitag in den Ferien – Fall 4 „40% des Urlaubsverkehrs ist mit Telematik ausgestattet“ gesamter Raum (oben) und Innenstadtbereich (unten) (Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h, beschriftet sind nur Werte  $\geq 3000$  Kfz/24 h)



Abb. 35: Zusatzbelastung des Straßennetzes durch den Urlaubsdurchgangsverkehr im Ballungsraum München an einem Freitag in den Ferien – Fall 5 „100% des Urlaubsverkehrs ist mit Telematik ausgestattet“ gesamter Raum (oben) und Innenstadtbereich (unten) (Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h, beschriftet sind nur Werte  $\geq 3000$  Kfz/24 h)

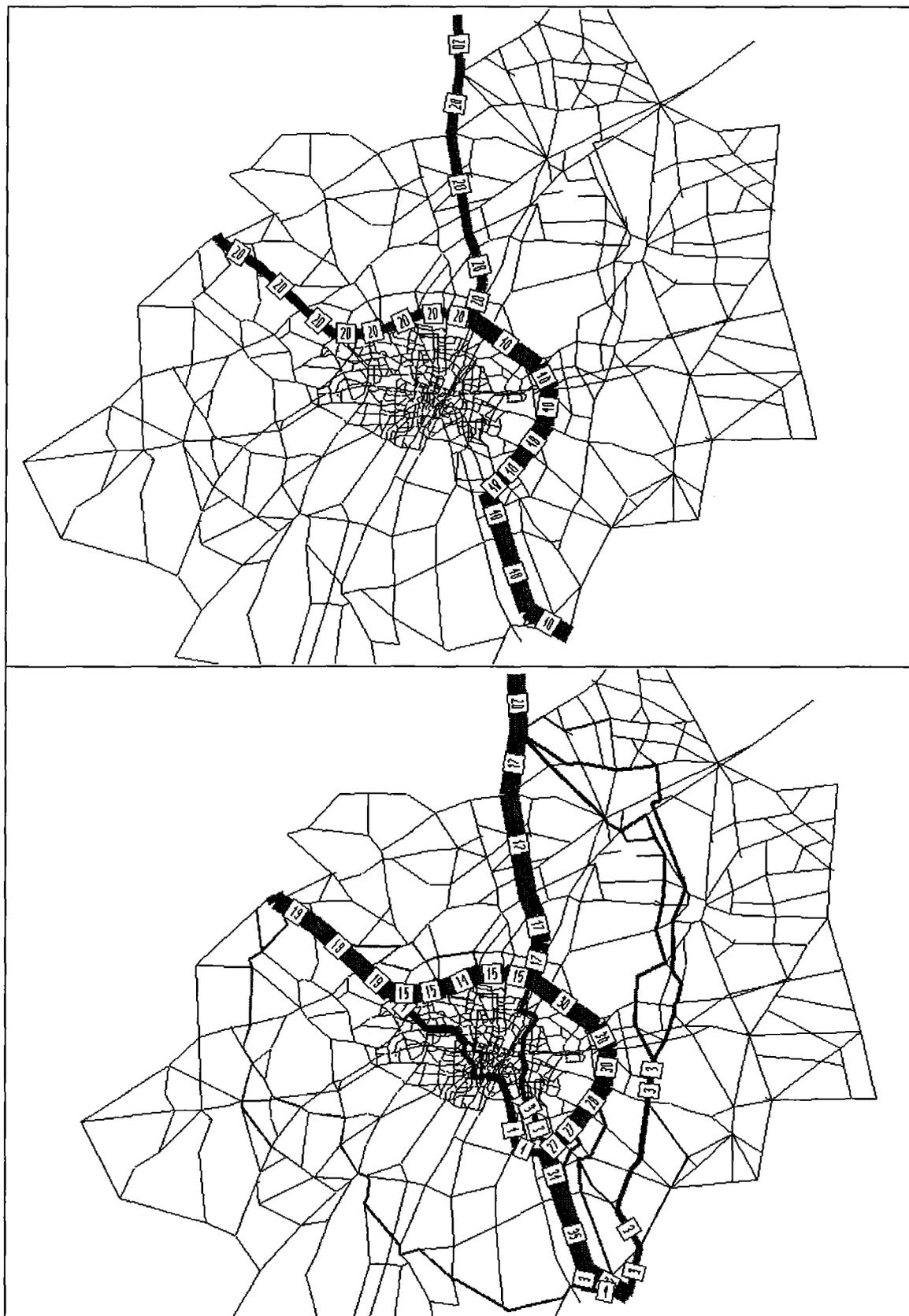


Abb. 36: Zusatzbelastung des Straßennetzes durch den Urlaubsdurchgangsverkehr im Ballungsraum München an einem Freitag in den Ferien – Vergleich des **Referenzfalles** (oben) mit dem **Systemoptimum** (unten)

*(Querschnittswerte in 1000 Kfz/24 h, beschriftet sind nur Werte  $\geq 3000$  Kfz/ 24 h)*

## 5.4 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Rahmen dieser Studie wurden **Simulationsrechnungen zu den Wirkungen und Folgen ausgewählter Telematikdienste** für die Bedingungen des Modellballungsraums München durchgeführt. Der besondere Vorteil von Simulationsrechnungen im Vergleich zu Fallstudien besteht darin, dass hiermit auch die Potenziale noch nicht realisierter Anwendungen neuer Techniken und Dienste untersucht werden können. Der Einsatz neuer Techniken und Dienste wurde an den Beispielen *morgendlicher Berufspendlerverkehr* und *Urlaubsverkehr an einem Werktag in der Ferienzeit* simuliert. Für den Fall des morgendlichen Berufsverkehrs wurden dabei außer dem Einsatz individueller dynamischer Leitsysteme, wie sie bereits heute auf Fernstraßen eingesetzt und zukünftig auch innerhalb von Ballungsräumen zur Verfügung stehen werden, einfache organisatorischen Maßnahmen, wie Ausdehnung des Zeitintervalls des morgendlichen Berufsverkehrs und Bildung von Fahrgemeinschaften untersucht.

Die Rechnungen für **die Spitzenstunde des morgendlichen Berufsverkehrs** zeigen, dass neue Dienste, wie der *Einsatz individueller dynamischer Leitsysteme*, unter speziellen Bedingungen erhebliche Reisezeitgewinne zwischen 10% bis über 20% für die mit entsprechenden Geräten ausgerüsteten Fahrzeuge mit sich bringen. Diese Vorteile werden allerdings zumeist mit längeren Reiseweiten erkauft, was wiederum mit höheren Schadstoffemissionen und somit höheren Umweltbelastungen verbunden sein kann. Die für einzelne Berufspendler auf speziellen Routen erhaltenen erheblichen Reisezeitgewinne während der Spitzenstunde des morgendlichen Berufsverkehrs vermindern sich jedoch mit wachsender Ausstattungsquote der Fahrzeuge mit diesen Leitsystemen. In den Fällen von Ausstattungsquoten der Berufspendlerfahrzeuge zwischen 20% und 100% mit diesen Leitsystemen wird im Straßennetz des Modellballungsraums ein mittlerer Reisezeitgewinn von etwa vier Minuten, das sind etwa 10% der mittleren Reisezeit, errechnet. Die zunehmende Ausstattungsquote von Fahrzeugen mit diesen Leitsystemen hat jedoch auch einen positiven Einfluss auf die mittlere Reisezeit und die mittlere Geschwindigkeit der Fahrzeuge, die nicht mit diesen Leitsystemen ausgestattet sind. Damit bestätigt sich die Vermutung, dass die zunehmende Ausstattungsquote sich effektivitätssteigernd für das gesamte Verkehrssystem auswirkt. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den genannten Untersuchungen, die im Rahmen des Pilotprojekts STORM durchgeführt wurden. Auch dort wurden für den Fall einer wachsenden Ausstattungsquote von Fahrzeugen mit diesen Diensten Vorteile für den übrigen motorisierten Verkehr abgeschätzt.

Der theoretisch interessante Extremfall, dass *alle Fahrzeuge, die zur Zeit des morgendlichen Berufsverkehrs im Ballungsraum unterwegs sind*, zur „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes beitragen (Systemoptimum), vergrößert den mittleren Reisezeitgewinn für Berufspendler nochmals um mehr als eine Minute und die aller Verkehrsteilnehmer um mehr als zwei Minuten, jeweils bezogen auf den Fall 100% Ausstattung der Berufspendler mit den entsprechenden Leitsystemen. Das Ergebnis, dass der Fall des „Systemoptimums“ im Straßennetz des Ballungsraums für die Bezugsgruppe der Berufspendler im Vergleich zu dem Fall 100% Ausstattung der Berufspendler mit den entsprechenden Leitsystemen noch eine Verbesserung bringt, zeigt, dass die theoretisch zu erwartende Diskrepanz zwischen Nutzeroptimum und Systemoptimum hier noch nicht wirksam wird. Dies dürfte auf die noch nicht vollständige Auslastung des Straßensystems zurückzuführen sein.

Vergleichsweise größere Wirkungen als der Einsatz moderner Leitsysteme haben relativ einfache organisatorische Maßnahmen, wie die Ausdehnung des Zeitintervalls für den mor-

gendlichen Berufsverkehrs oder die Bildung von Fahrgemeinschaften im morgendlichen Berufsverkehr. Rechnungen für den Fall, dass das Zeitfenster des Berufsverkehrs vom Drei- zu einem Vierstundenintervall vergrößert wird, ergeben Reisezeitgewinne von etwa sieben Minuten, dies sind etwa 15% der mittleren Reisezeit sowohl für die Gruppe der Berufspendler wie auch für die Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer. Aus diesen Ergebnissen lässt sich jedoch keine abschließende Bewertung der Wirksamkeit moderner Leitsysteme ableiten, vielmehr ist zu betonen, dass diese Ergebnisse nur für den Fall der vorliegenden Infrastruktur gelten. Lägen im Modellballungsraum Infrastrukturbedingungen vor, die sich an den Möglichkeiten der neuen Techniken orientieren, wie die aus den USA bekannten separaten Fahrspuren für Fahrzeuge mit zwei oder mehr Fahrzeuginsassen (HOV-Lanes) und die gesteuerte Zuflussregelung von Neben- auf Vorrangstraßen (ramp metering), so wären ganz andere Ergebnisse zu erwarten.

Eine weitere einfache organisatorische Maßnahme ist die Bildung von Fahrgemeinschaften, speziell im morgendlichen Berufsverkehr. Mit den neuen IuK-Techniken stehen ganz neue organisatorische Möglichkeiten für die Bildung flexibler Fahrgemeinschaften zur Verfügung. So werden in dem Projekt Mobi-As, das mit Unterstützung des BMBF im Rahmen des Leitprojekts mobilist in Stuttgart durchgeführt wird, die Möglichkeiten zur Bildung von flexiblen Fahrgemeinschaften im Berufspendlerverkehr untersucht, wie sie durch die verbesserten Informations- und Abstimmungsmöglichkeiten mit Hilfe der neuen IuK-Techniken zu erwarten sind. Das „Transportauskunftssystem zur Bildung von Mitfahrgemeinschaften“ soll die Akzeptanz unterschiedlicher Anwendergruppen für diese neuen Dienste verbessern. Als Konsequenz sind Steigerungen der Besetzungszahlen der Fahrzeuge und damit verkehrliche Wirkungen sowie auch ein Rückgang der Umweltbelastungen in den Ballungsräumen zu erwarten. Die Simulationsrechnungen zur Untersuchung des Potenzials von Mitfahrgemeinschaften im morgendlichen Berufspendlerverkehr für den Modellballungsraum München bestätigen die erhebliche verkehrliche Wirksamkeit dieser Maßnahme. Für den Fall einer 40% höheren Besetzung der Fahrzeuge (Besetzungszahl 1,4) im Vergleich zum Referenzfall (Besetzungszahl 1) vermindert sich die mittlere Reisezeit der Berufspendler um mehr als 10 Minuten, das entspricht einer etwa 20%igen Verkürzung der Reisezeit. Eine Verdopplung der Besetzungszahl (Besetzungszahl 2) im Vergleich zum Referenzfall erbringt sogar einen Reisezeitgewinn von 17 Minuten, also einem Drittel der Reisezeit im Berufspendlerverkehr.

Insgesamt kann somit festgehalten werden, dass sowohl der Einsatz von Leitsystemen wie auch relativ einfache organisatorische Maßnahmen, wie die Spreizung des Zeitfensters für den morgendlichen Berufsverkehr oder insbesondere die Erhöhung der Besetzungszahl durch Mitfahrgemeinschaften nicht nur für die Gruppe der Berufspendler sondern für alle Verkehrsteilnehmer Reisezeitgewinne erbringt. Die Rechnungen für die Bedingungen des Modellballungsraums München zeigen somit, dass der Einsatz von Leitsystemen wie auch organisatorische Maßnahmen, die sich nur auf einzelne Gruppen von Verkehrsteilnehmern beziehen, effektivitätssteigernd auf das gesamte System Straßenverkehr wirken. Bemerkenswert ist weiterhin, dass die hier untersuchten einfachen organisatorischen Maßnahmen größere Reisezeitgewinne ergeben als der umfassende Einsatz individueller dynamischer Zielführungssysteme (Abb. 37). Dies gilt wiederum nicht nur für die Gruppe der Berufspendler sondern für alle Verkehrsteilnehmer. Die durch einfache Maßnahmen erzielbaren Reisezeitgewinne sind sogar größer als die theoretisch errechnete „optimale“ Auslastung des Straßennetzes (Abb. 38).

Deutliche verkehrliche Wirkungen des Einsatzes individueller, dynamischer Leitsysteme zeigen die Analysen des Urlauberverkehrs an einem ausgewählten Werktag in der Ferienzeit,

bei dem angenommen wird, dass zusätzlich zu dem normalen Werktagsverkehr noch 40.000 weitere Fahrzeuge des Urlaubsverkehrs den Ballungsraum München passieren, 30.000 von Norden bzw. Nordwesten kommend in Richtung der südlichen Ferenziele und 10.000 in den entsprechenden Gegenrichtungen. Dieser Zusatzverkehr bewegt sich im Referenzfall dem verkehrspolitischen Konzept der Landeshauptstadt München entsprechend, das eine Bündelung der Verkehrs auf dem Vorrangstraßennetz vorsieht, auf dem nordöstlichen Autobahnring im Außenbereich Münchens.

Der Einsatz individueller dynamischer Leitsysteme erbringt den Nutzern dieser Systeme erhebliche Reisezeitgewinne bei der Durchquerung des Ballungsraumes von etwa einer Stunde und mehr. Den größten Vorteil hat wiederum ein „einzelner Routensucher“ in einem entsprechend dem Referenzfall belasteten Straßennetz, hier beträgt der Reisezeitgewinn etwa 1 h und 20 min, das sind etwa 40% der Passagezeit. Dieser Vorteil wird durch eine weiträumige Umfahrung Münchens erreicht. Der Reisezeitgewinn vermindert sich allerdings in geringem Umfang mit wachsender Ausstattungsquote der Urlauberfahrzeuge mit Leitsystemen auf einen Wert von etwa einer Stunde, das sind immer noch etwa 25% der Passagezeit, für den Fall, dass ein Großteil der Urlauberfahrzeuge mit Leitsystemen ausgestattet ist. Auch in diesem Fall wirkt sich die zunehmende Ausstattungsquote von Urlauberfahrzeugen mit diesen Leitsystemen positiv auf die mittlere Reisezeit der Fahrzeuge anderer Verkehrsteilnehmer aus, die nicht mit diesen Systemen ausgestattet sind. Dies gilt sowohl für den gesamten Urlauberverkehr wie auch für die Gesamtheit aller Verkehrsteilnehmer.

Bezüglich der Umweltauswirkungen, speziell im Hinblick auf die verkehrsbedingten Emissionen, ist ebenfalls davon auszugehen, dass einfache organisatorische Maßnahmen, wie insbesondere die Erhöhung der Besetzungszahl der Fahrzeuge, dank der im Vergleich zu anderen Fällen verminderten Fahrleistung zur Erbringung der gleichen Verkehrsleistung zu Verbesserungen führen wird. Dynamische Routenführungen dagegen werden – wenn überhaupt – wegen der damit häufig verbundenen größeren Wegstrecken nur mit geringfügigen Emissionsminderungen einhergehen. Dies steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen einer Untersuchung zum Thema „Verkehrstelematik und Umwelt“, die im Auftrag des Umweltbundesamtes durchgeführt wurde (Gohlisch, Kämpf, 2000).

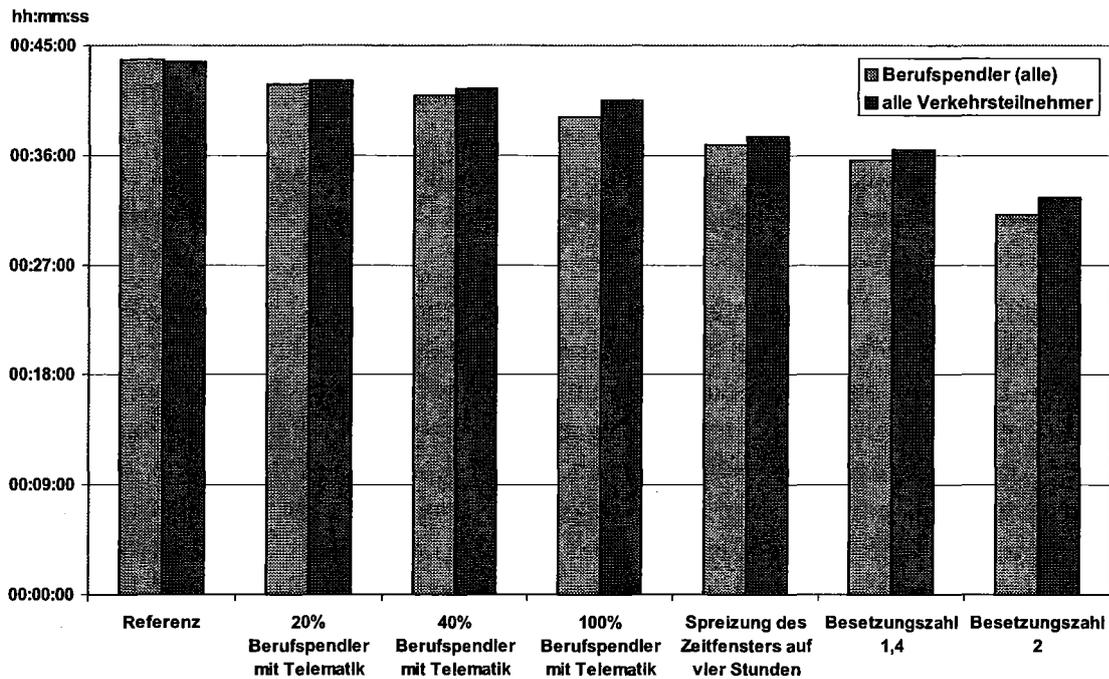


Abb. 37: Mittlere Reisezeit der Berufspendler im Modellballungsraum München in Abhängigkeit von der Ausstattung der Fahrzeuge mit individuellen dynamischen Leitsystemen sowie einfachen organisatorischen Maßnahmen zur Organisation des Berufspendlerverkehrs im Vergleich zum Referenzfall.

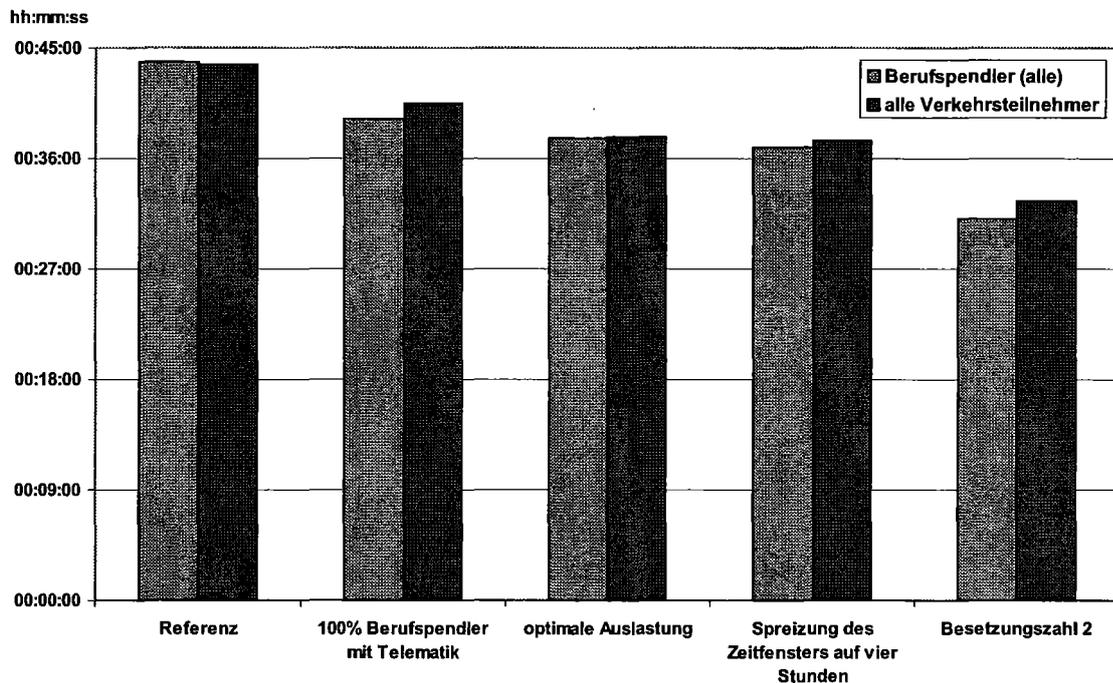


Abb. 38: Mittlere Reisezeit der Berufspendler im Modellballungsraum München für verschiedene Fälle der Organisation des Berufspendlerverkehrs zusammen mit dem Referenzfall und dem Fall einer „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes (Systemoptimum).

Die Modellrechnungen zeigen, dass bereits für die Fälle, dass nur wenige Urlauberfahrzeuge mit individuellen dynamischen Leitsystemen ausgerüstet sind (bis 20%) eine weiträumige Umfahrung des Stadtgebiets bevorzugt wird. Wächst der Ausstattungsanteil der Fahrzeuge mit diesen Leitsystemen auf 40%, so werden auch zunehmend Verkehrsströme durch innerstädtische Bereiche geleitet. Erst bei sehr hoher Ausstattungsquote (bis 100%) wird auch wieder zunehmend die Umfahrung der innenstädtischen Bereiche auf dem nordöstlichen Autobahnring gewählt. Für den zunehmenden Einsatz von Leitsystemen in Urlauberfahrzeugen ist daher eine wachsende Verkehrsbelastung der Straßen des Umlandes, wie auch des Innenstadtbereichs zu erwarten (Abb. 39). Diese Entwicklung widerspricht dem verkehrspolitischen Konzept einer Bündelung des Verkehrs auf dem Vorrangstraßennetz.

Ähnlich wie im Fall „Telematikeinsatz im Berufsverkehr“ ist auch hier wiederum die wachsende Ausstattung von Fahrzeugen einer Teilgruppe der Verkehrsteilnehmer, nämlich der Urlauber, mit individuellen dynamischen Leitsystemen mit einer Verringerung der Reisezeiten der Gesamtgruppe aller Verkehrsteilnehmer verbunden. Der Vergleich der bisher betrachteten Fälle mit dem Fall einer „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes (Systemoptimum) zeigt, dass für diesen Fall sowohl für den Urlauberverkehr wie auch für den normalen Werktagsverkehr nochmals Reisezeitgewinne erhalten werden. So beträgt der mittlere Reisezeitgewinn für den Urlauberverkehr etwa 7 min und für den normalen Werktagsverkehr etwa 2 min jeweils im Vergleich zum Fall „100% Telematikeinsatz im Urlauberverkehr“. Bemerkenswert ist weiterhin, dass eine „optimale“ Auslastung des Straßennetzes eine erheblich stärkere Nutzung der Autobahn nordöstlich Münchens durch den Urlauberverkehr vorsieht als die Fälle der Nutzung individueller dynamischer Leitsysteme (Abb. 39).

Der errechnete Verkehrsfluss für den Fall einer „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes gibt interessante Hinweise für eine *effiziente Verkehrslenkung*. Der für diesen Fall verbesserte Verkehrsfluss auf der Autobahn nordöstlich von München trotz hoher Anteile des Urlauberverkehrs im Vergleich zum Referenzfall wird dadurch erreicht, dass dieses Umgehungsstraßensystem vom normalen Werktagsverkehr weitgehend entlastet ist. Dieses Ergebnis zeigt, dass insbesondere bei Ereignissen, die mit einem hohen zusätzlichen Verkehrsaufkommen verbunden sind, effiziente Lenkungsstrategien notwendig sind, wie zum Beispiel die den USA bekannte *gesteuerte Zuflussregelung von Verkehr aus Neben- auf Vorrangstraßen* (ramp metering). Sehr wirkungsvoll ließe sich eine solche Strategie weiterhin durch eine Bepreisung der Umgehungsstraßen mittels *belastungsabhängiger Straßenbenutzungsgebühren* umsetzen. Es ist davon auszugehen, dass der durch diese Gebühr erreichbare erhebliche Zeitgewinn für den Urlaubsverkehr einen Vorteil darstellt, für den Werktagsverkehr im Ballungsraum mit relativ kurzen Strecken, für z.B. Einkauf und Freizeit, wird sich dagegen eine solche Gebühr nicht „rechnen“, was zur Entlastung der Autobahn beitragen wird.

Die Ergebnisse der Simulationsrechnungen geben Hinweise auf die neuen Möglichkeiten des Einsatzes neuer Techniken und Dienste im Ballungsraumverkehr aber auch auf unbeabsichtigte Folgewirkungen, die mit dem Einsatz dieser neuen Techniken und Dienste verbunden sind. Diese Folgewirkungen bestehen vor allem in der verkehrlichen Belastung bisher unbelasteter Gebiete im Außenbereich des Ballungsraums wie auch im Innenstadtbereich. Somit besteht die Gefahr, dass die verkehrspolitischen Konzeptionen der Gebietskörperschaften berührt werden, da die Routenverläufe sich nicht auf das Vorrangstraßennetz der Kommunen beschränken, sondern auch verkehrsberuhigte Gebiete miteinbeziehen.

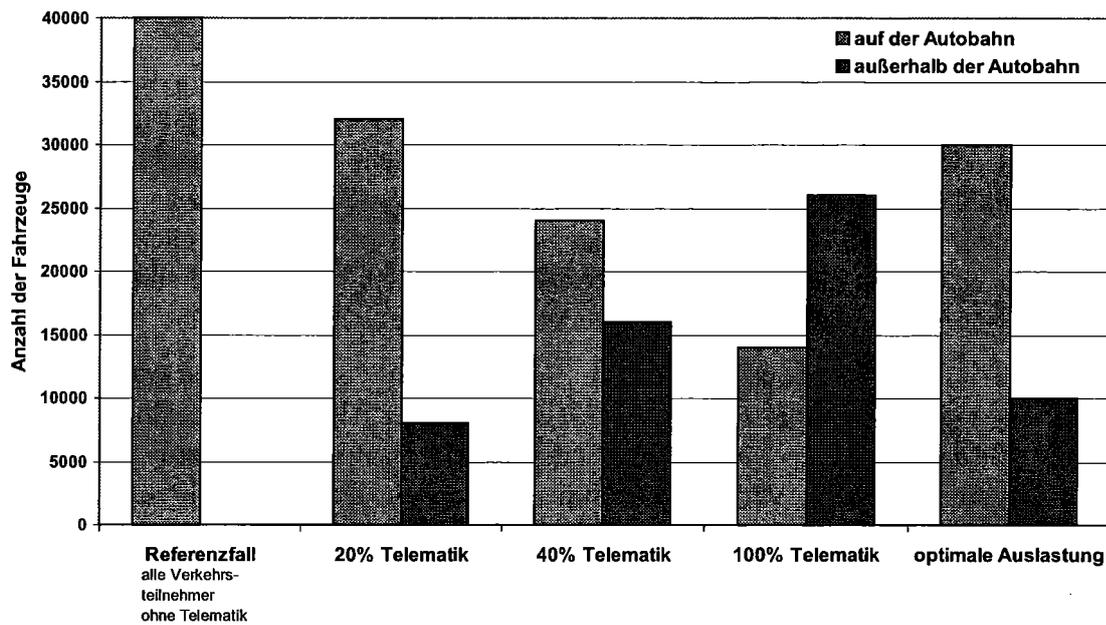


Abb. 39: Anzahl der Urlauberfahrzeuge auf den Autobahnen nordöstlich Münchens und auf sonstigen Straßen des Modellballungsraums in Abhängigkeit von der Ausstattung der Fahrzeuge mit individuellen dynamischen Leitsystemen zusammen mit dem Referenzfall und dem Fall einer „optimalen“ Auslastung des Straßennetzes (Systemoptimum)

## 6 Neue Konzepte für den Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen

Die Bedeutung des Wirtschaftsverkehrs, ob zum Transport von Gütern oder für die Erbringung von Dienstleistungen, ergibt sich nicht nur aus seinem hohen Anteil am Gesamtverkehrsaufkommen und der Gesamtverkehrsleistung in Ballungsräumen sondern auch aus den erheblichen Umweltauswirkungen, die in Bezug auf die erbrachte Fahrleistung überproportional im Vergleich zu anderen Verkehrszwecken sind. Alle Überlegungen zur Verbesserung der Effizienz und Umweltverträglichkeit des Verkehrs in Ballungsräumen müssen daher den Wirtschaftsverkehr mit einbeziehen. Hohe Erwartungen verbinden sich mit **neuen Konzepten für den Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen auf der Basis neuer IuK-gestützter Techniken und Dienste**, denen die Untersuchungen zu **Option 4** gelten. Unter Wirtschaftsverkehr ist hier der Güterverkehr sowie der Verkehr in Ausübung des Berufs, jedoch ohne den Berufspendlerverkehr von und zum Arbeitsplatz zu verstehen.

Bereits vorliegende Untersuchungen zum Wirtschaftsverkehr im Modellballungsraum München, durchgeführt von den Gutachtern IVU, Berlin, und PTV, Karlsruhe, (München, 1998), zeigen, dass dieser Verkehrsbereich bei 33 % der Fahrleistung im Modellballungsraum mit über 70 % zu den Stickstoffoxid- (NO<sub>x</sub>-) Emissionen beiträgt. Die im Rahmen dieser Studie *durchgeführten Simulationsrechnungen* mit den von der Landeshauptstadt München zur Verfügung gestellten Daten für das Bezugsjahr 1997 bestätigen den bedeutenden Einfluss des Wirtschaftsverkehrs auf die Umweltsituation. So sind etwa 24 % des Fahrtenaufkommens sowie zwischen 26% und 34% der Fahrleistung des gesamten Individualverkehrs dem Wirtschaftsverkehr zuzuordnen (Tabelle 20). Zwei Drittel des Wirtschaftsverkehrs sind Fahrten mit Pkw (Gewerbe- und Serviceverkehr) und nur ein Drittel wird mit Lkw unterschiedlicher Größenklassen abgewickelt. Die Auswertung der Wirtschaftsverkehrsströme im Verkehrsnetz des Ballungsraums zeigt Schwerpunkte des Wirtschaftsverkehrs mit hohen Anteilen am Gesamtverkehr in den Kernstadtbereichen (Abb. 40 und Abb. 41).

Wie die Rechnungen mit dem im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelten Simulationsprogramm MOBILEV zeigen, sind die Fahrleistungen des Wirtschaftsverkehrs mit vergleichsweise hohen Emissionen verbunden. Von besonderem Interesse sind die durch die Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten (23. BImSchV) geregelten NO<sub>x</sub>-, Dieselrußpartikel- und Benzolemissionen. Die Rechnungen ergaben sowohl für NO<sub>x</sub> als auch für Dieselrußpartikel im Vergleich zu seiner Fahrleistung überproportionale Anteile des Wirtschaftsverkehrs im Vergleich zu anderen Verkehrsarten (Abb. 42). Besonders ausgeprägt ist dies bei Dieselruß mit fast 80% Anteil in der Innenstadt und etwa 65% Anteil in der Region. Für die NO<sub>x</sub>-Emissionen werden Anteilswerte von 65% in der Innenstadt und etwa 50% für die Region errechnet. In beiden Fällen ist der Anteil schwerer Nutzfahrzeuge (> 2,8 t) dominant. Nur bei Benzol, das hauptsächlich von Pkw mit Ottomotoren emittiert wird, besitzt der Wirtschaftsverkehr Anteile, die in etwa seinem Fahrleistungsanteil entsprechen. Die Abweichung zu den oben genannten Werten erklärt sich unter Umständen wegen unterschiedlicher Annahmen zum Anteil der Diesel-Pkw im Wirtschaftsverkehr.

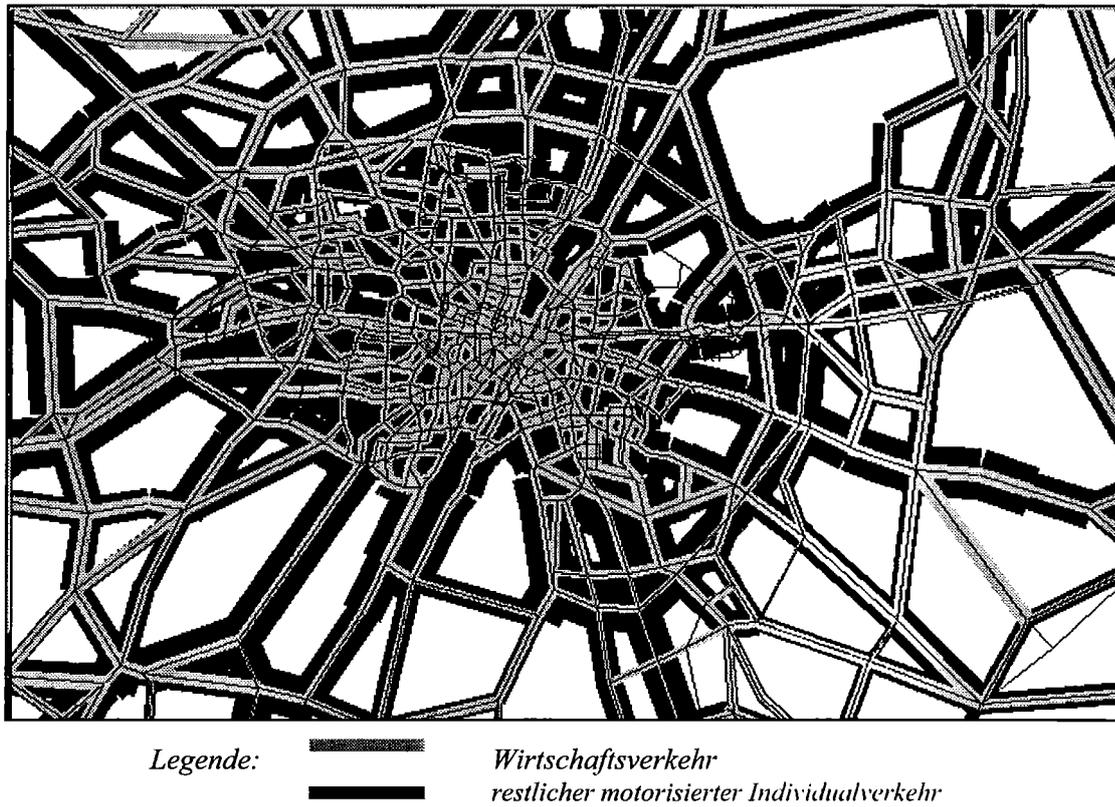


Abb. 40: Anteil des Wirtschaftsverkehr am gesamten Verkehr (DTV-24 h) im Ballungsraum München im Außenbereich der Stadt

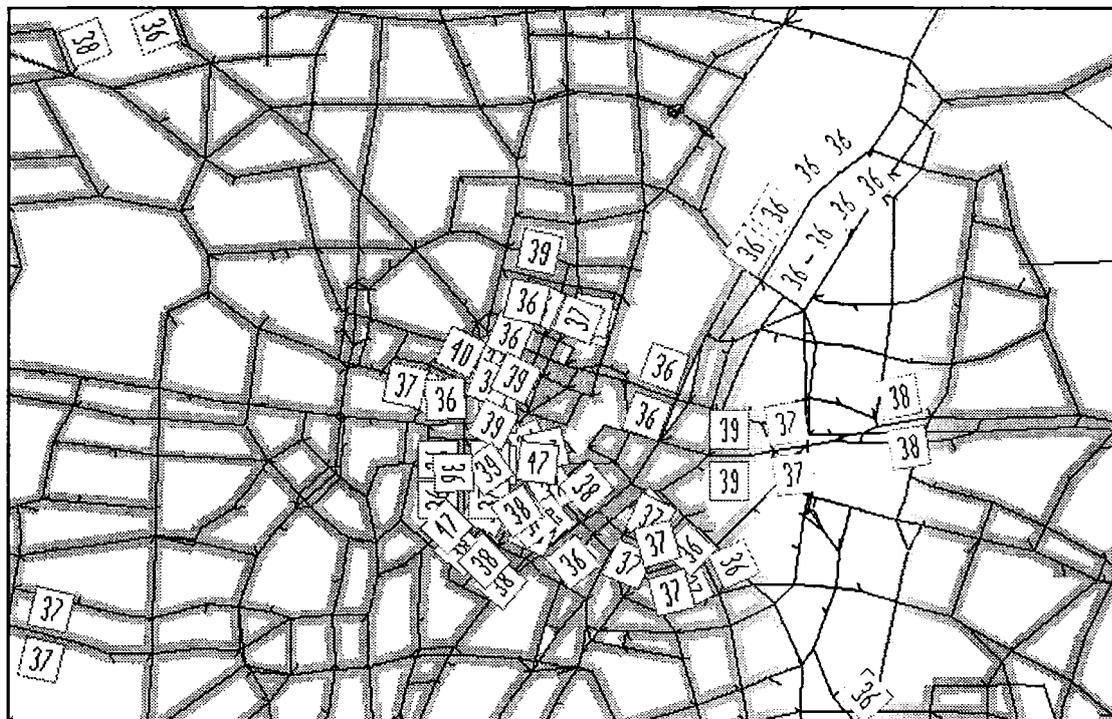


Abb. 41: Prozentualer Anteil des Wirtschaftsverkehr am gesamten Verkehr (DTV-24 h) in der Innenstadt von München (dargestellt sind nur Werte  $\geq 35\%$ )

Tabelle 20: Vergleich von Verkehrsaufkommen und Fahrleistung für verschiedene Fahrzeugtypen des Wirtschaftsverkehrs im Modellballungsraum München an einem Werktag (Montag – Freitag)

	Verkehrsaufkommen		Fahrleistung (km/Werktag)			
	Fahrten / Tag	%	Region	%	Innenstadt	%
Pkw (Individualverkehr)	2.390.969	76	33.766.775	74	4.186.863	66
Pkw (Wirtschaftsverkehr)	506.999	16	7.765.187	17	1.457.793	23
Lkw < 2,8 t	103.608	3	1.241.683	3	251.527	4
Lkw < 7,5 t	68.239	2	1.218.745	3	188.108	3
Lkw >= 7,5 t	87.338	3	1.377.695	3	251.565	4
Wirtschaftsverkehr gesamt	766.184	24	11.603.310	26	2.148.993	34
Gesamtverkehr	3.157.153	100	45.370.085	100	6.335.856	100

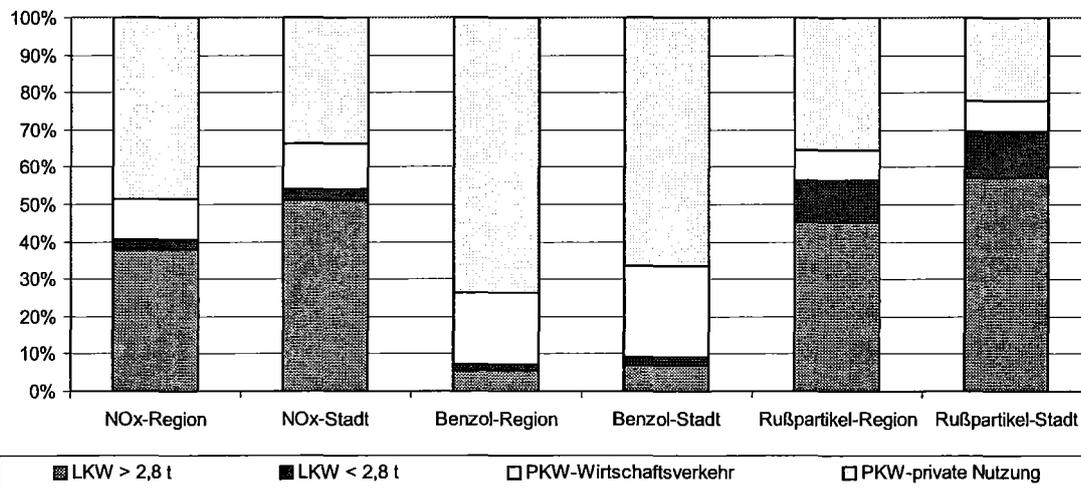


Abb. 42: Prozentuale Anteile der verschiedenen Verkehrszwecke und Fahrzeugarten an den in der 23. BImSchV geregelten Schadstoffemission  
(Quelle: Bräutigam u. a., 2000)

In den vergangenen Jahren wurde eine Vielzahl von Projekten zu neuen Konzepten für den Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen, allgemein bekannt unter der Bezeichnung „City-Logistik“, durchgeführt. Im Rahmen dieser Studie wurden ausgewählte Projekte zum Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen ausgewertet und bezüglich ihrer Beiträge zur Steigerung der Effizienz und Umweltverträglichkeit interpretiert (Klein-Vielhauer, 2001). Insbesondere werden die folgenden Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz und der Umweltverträglichkeit des Wirtschaftsverkehrs diskutiert:

- Einsatz emissions- und lärmärmerer Fahrzeuge,
- Praktizierung überbetrieblicher Kooperationsformen, wie Spediteurs-, Hersteller-, und Einzelhändlerkooperationen,
- Verbesserung der infrastrukturellen Voraussetzungen für eine effizientere Güterverteilung in Ballungsräumen durch Einrichtung von Güterverkehrszentren (GVZ) oder Güterverteilzentren (GVT) und

- Einführung von *virtuellen Güterverkehrszentren* auf der Basis gemeinsamer Internetplattformen zur Güterverteilung in den Ballungsräumen.

Auch wenn die neuen Abgasgrenzwerte EURO 3 und EURO 4/5 für Lkw und Busse erhebliche Verminderungen der NO<sub>x</sub>- und Partikelemissionen ergeben werden (siehe Kap. 7), so ist angesichts der wissenschaftlichen Diskussion zum Risiko von Feinststaubemissionen aus Dieselmotoren anzustreben, noch weitergehende Konzepte der **Emissions- und Lärmreduktion beim Güterverteilverkehr in Innenstädten** vorzusehen. Nach Untersuchungen des Instituts für Ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) im Auftrag des Umweltbundesamtes bietet sich hierfür besonders der technisch bereits realisierte Einsatz gasbetriebener Fahrzeuge an (IÖW, 2000). Simulationsrechnungen für die Bedingungen der Stadt Augsburg ergaben deutliche Emissionsminderungen für Partikel und NO<sub>x</sub> beim Einsatz dieser Fahrzeuge.

Große Erwartungen für die Realisierung eines effizienteren Wirtschaftsverkehrs werden mit **Spediturskooperationen** verbunden. Auch **Hersteller- und Einzelhändlerkooperationen** werden diskutiert und in Einzelfällen bereits praktiziert. Vorliegende theoretische und empirische Erfahrungen zur verkehrlichen Wirksamkeit und den Folgen dieser Kooperationen ergeben ein heterogenes Bild. Die genannte Wirtschaftsverkehrsstudie München (München, 1998) ermittelte für *Kooperationen im Speditionsbereich* eine *Reduktion von 3,5 % der Gesamtfahrleistung von Lkw* mit mehr als 2,8 t zulässigem Gesamtgewicht im betrachteten Ballungsraum. Dabei entfallen auf die Quellbranche „Verkehr“, der die Speditionen zuzuordnen sind, rund 40 % des berechneten regionalen Fahrtenaufkommens mit Lkw > 2,8 t. Modellrechnungen im Rahmen einer Studie, die sich neben München auf neun weitere Großstädte bezieht (IVV, 1999), weisen für eine Spediturskooperation bei der City-Belieferung in München dagegen sogar eine *Steigerung der Lkw-Fahrleistung von 1,1 % in der Gesamtstadt und 0,6 % in der Region* aus.

Die im Rahmen einer weiteren Studie zum Wirtschaftsverkehr (Berg, 1999) für den Bereich der Stadt München durchgeführten Abschätzungen zum maximalen Entlastungspotenzial durch Kooperationen bei der Belieferung des Einzelhandels ergeben ein *theoretisches Entlastungspotenzial von etwa 27 %* in Bezug auf die Anzahl der Anlieferungen, die Fahrzeit und die Fahrleistung. Um denselben Prozentsatz reduzieren sich auch die berechneten Emissionen. Bei dieser Berechnung wurden neben dem Speditursverkehr auch der Verkehr der Paketdienste, der Werkverkehr der Hersteller oder Großhändler sowie der Selbstabholverkehr des Einzelhandels berücksichtigt.

Die ersten praktischen Ergebnisse von *Herstellerkooperationen* im Bereich der Körperpflege- und Waschmittelindustrie sowie der Nahrungs- und Genussmittelindustrie im Rahmen des „Münchener Modells“ (Berg, 1999) zeigen bisher nur sehr geringe Auswirkungen in Bezug auf eingesparte Fahrzeugkilometer.

Erfolgversprechend sind die Ergebnisse der vom IÖW durchgeführten Untersuchung der seit 1993 in der Stadt Hamm bestehenden überbetrieblichen Kooperation im Lebensmittelbereich (IÖW, 2000). Hier wurden durch die Bündelung der Transporte und die Optimierung der Fahrtrouten beachtliche Effizienzgewinne und Emissionsminderungen gegenüber einer ungebündelten Transportabwicklung erreicht. Mit der erheblichen Verbesserung der Fahrzeugauslastung von rund 70% im Vergleich zum ungebündelten Verkehr reduzierte sich auch der Flächenbedarf für den fließenden Verkehr sowie für das Parken und Abstellen der Fahrzeuge erheblich. Darüber hinaus konnten durch die höhere Auslastung des vorhandenen Fuhr-

parks des Spediteurs und den Verzicht auf eigene kostenintensive Fuhrparke auf Seiten der Versender erhebliche Kostenvorteile für alle Beteiligten erreicht werden.

Für die physische Durchführung von Bündelungen beim Gütertransport in den Ballungsraum hinein und aus ihm heraus müssen infrastrukturelle Voraussetzungen gegeben sein. Als ein Hauptlösungsansatz wurde in der Vergangenheit häufig die **Einrichtung von Güterverkehrszentren (GVZ) oder Güterverteilzentren (GVT)** angesehen. Diese Zentren sollen die räumliche und nach Möglichkeit auch institutionelle Zusammenarbeit verschiedener Verkehrsträger und Verkehrsunternehmen ermöglichen und somit zur Realisierung von Synergieeffekten beitragen. Die Bereitstellung entsprechend benötigter größerer Flächen erweist sich zunehmend als schwierig. Deshalb werden auch mehrere dezentrale Güterverkehrszentren in einem Ballungsraum unter Nutzung bereits logistisch genutzter Standorte diskutiert. Hier sind insbesondere die speziell auf die Innenstadtbeflieferung ausgerichteten Zentren – die City-Terminals – zu nennen. Die Errichtung und der Betrieb dieser zentralen oder dezentralen Einrichtungen stößt jedoch zunehmend auf Hemmnisse, da für die Umgebung der Standorte dieser Zentren auf jeden Fall mit zusätzlichem Verkehr zu rechnen ist und insoweit Genehmigungsschwierigkeiten auftreten.

In der bereits genannten Studie des IVV (IVV, 1999) werden Modellrechnungen für vier Güterverkehrs-/Güterverteilzentren (GVZ/GVT), verteilt über den Stadtbereich von München, vorgestellt. Es wird angenommen, dass ausgehend von diesen Zentren ca. 40 % der auf die City ausgerichteten Fahrten durchgeführt werden. Für die Stadt München sinkt die Lkw-Fahrleistung um 1,6 % für die Region um 0,9 % im Vergleich zum Referenzfall „ohne GVZ/GVT“. Im Unterschied zu einer reinen Kooperation von Transportunternehmen wird für die entsprechende Nutzung eines bzw. mehrerer Verteilzentren somit ein Verkehrsentlastungseffekt ausgewiesen. Wird die Belieferung der Innenstadt jedoch mittels kleinerer Lkw durchgeführt, so steigt die Kilometerleistung gegenüber dem Referenzfall um 0,8 % für die gesamte Stadt und um 0,3 % für die Region.

Neue Möglichkeiten für die gebündelte Anlieferung von Gütern ergeben sich durch die Vernetzung verschiedener am Güterverkehr beteiligter Verkehrsunternehmen auch an voneinander getrennten Standorten, wenn neue Techniken und Dienste eingesetzt werden. Im einzelbetrieblichen Flotten- und Frachtmanagement wird davon bereits Gebrauch gemacht. So praktizieren viele Speditionen bereits die Transportverfolgung und -steuerung von Gütern per GPS-Satellitenortung und Internet-basiertem Flottenmanagement. Darüber hinaus bietet die telematische Vernetzung mehrerer Kooperationspartner mittels einer Internet-Plattform für den elektronischen Datenaustausch die Möglichkeit, **virtuelle Güterverkehrszentren** einzurichten. Der Kreis der potenziellen Teilnehmer sollte dabei grundsätzlich offen gehalten werden, um die Anwendung umfassender Verteilstrategien zu ermöglichen. Über die Internet-Plattform können sich Partner mit unterschiedlichen IuK-Systemen in dem von ihnen selbst bestimmten Umfang austauschen und gegebenenfalls den Bündelungsvorgang online koordinieren. Die physische Bündelung und die Auslieferung erfolgen dann nach dem elektronisch ermittelten Bündelungsplan unter Nutzung kleinerer Güterverteilzentren, die auch nur aus den Güterumschlagplätzen der einzelnen Transportunternehmen bestehen können. Das im Rahmen des „Münchener Modells“ entwickelte System EDDA – Elektronischer Datenaustausch zwischen dislozierten Abwicklungssystemen – (Berg, 1999) hat zumindest theoretisch das Potenzial, zu effizienteren Wirtschaftsverkehrsabläufen im Ballungsraum beizutragen. Das System EDDA wurde im Jahr 1999 im Rahmen eines Pilotprojektes erprobt.

Trotz unstrittiger Einzelerfolge von City-Logistik-Konzepten im Hinblick auf Effizienzsteigerung und Verminderung von Umweltbelastungen ist aus der im Rahmen dieser Studie durchgeführten Auswertung ausgewählter Projekte zum Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen kein Konzept erkennbar, von dem eine Vorbildfunktion für eine bundesweite Übertragung zu erwarten ist. Dies liegt zum einen sicherlich an den unterschiedlichen Bedingungen der betrachteten Ballungsräume, darüber hinaus zeigt die Auswertung aber auch **die erheblichen Hemmnisse, Verkehrsmanagementkonzepte durchzusetzen**, die die Vielzahl der Teilnehmer in diesem Verkehrsbereich einbeziehen und die Verkehrsabläufe einzelbetriebsübergreifend koordinieren. Die als „Münchener Modell“ bekannt gewordenen Projektaktivitäten sind ein deutliches Beispiel für diese Schwierigkeiten. Auch wenn von den Kommunen schlüssige Wirtschaftsverkehrskonzepte erstellt wurden, so bestehen oft erhebliche Hemmnisse bei deren Umsetzung, die nach Einschätzung des IÖW (IÖW, 2000) insbesondere die folgenden Aspekte betreffen:

- die Unternehmen scheuen häufig die Umstellung auf eine umweltverträglichere Logistik aus Angst vor höheren Transportkosten oder spüren keine Notwendigkeit für die Umstellung;
- die Kommunen bewerten die Risiken der Belastung der Unternehmen höher als den Nutzen und befürchten eine Verschlechterung des Investitionsklimas.

Die Kommunen besitzen eine Reihe von Einflussmöglichkeiten zur Gestaltung des Wirtschaftsverkehrs. So weist das IÖW in diesem Zusammenhang auf die zur Verfügung stehenden Instrumente *zur Durchsetzung von Benutzervorteilen für besonders emissions- und lärmarme Fahrzeuge, zur Lenkung der Ansiedlung von Gewerbebetrieben unter dem Aspekt der Verkehrsvermeidung und zur Förderung der Kommunikation zwischen den Beteiligten der Transportkette* hin. Diese werden bisher allerdings nicht genutzt. Die Zurückhaltung der Kommunen bei der Planung und Umsetzung von Maßnahmen lässt sich nach Einschätzung des IÖW zu einem nicht geringen Teil auf fehlende verbindliche Zielvorgaben für stadtverträgliche verkehrsbedingte Umweltbelastungen sowie auf die sehr komplexen und unübersichtlichen rechtlichen Randbedingungen für die Einführung von Verkehrsbeschränkungen und Benutzervorteile für emissions- und lärmärmere Fahrzeuge zurückführen.

Darüber hinaus haben sich in den vergangenen Jahren die **nicht im Einflussbereich der Kommunen stehenden äußeren Rahmenbedingungen** verändert, die einer Effizienzsteigerung und damit auch einer Verminderung der Umweltbelastungen des Wirtschaftsverkehrs in Ballungsräumen nicht förderlich waren. So sind als Folge der Liberalisierung im Bereich des Gütertransportgewerbes, und damit auch im Bereich der Citylogistik, eine Vielzahl konkurrierender Unternehmen tätig, die sich nur sehr schwer in übergeordnete Gesamtkonzepte einordnen lassen. An die Stelle des früher monopolisierten Paketzustelldienstes sind heute eine Reihe konkurrierender Dienste getreten, von denen eine erhebliche Ausweitung des Verkehrsvolumens angenommen werden kann. Das Beispiel der bereits seit mehreren Jahren umgesetzten Speditionskooperation in Kassel, an der sich die Paketdienste bisher nicht beteiligt haben, und die bisherigen Erfahrungen mit der gemeinsamen Speditions- und Paketdienstkooperation in Nürnberg unterstreichen die erheblichen Schwierigkeiten für Koordinierungsbemühungen in diesem Bereich. Zusammen mit der Anforderung an das Transportgewerbe, eine möglichst unverzügliche Warenezustellung zu gewährleisten, die sich in dem Begriff *efficient consumer response (ECR)* ausdrückt, hat sich damit eine Situation ergeben, die von staatlicher und kommunaler Seite nur sehr begrenzt beeinflussbar ist.

Bisher wurden die **Möglichkeiten der neuen IuK-Techniken im Bereich des Wirtschaftsverkehrs** vornehmlich im Bereich des einzelbetrieblichen Flotten- und Frachtmanagements genutzt. Wie erwähnt, praktizieren viele Speditionen bereits die Transportverfolgung und -steuerung per GPS-Satellitenortung und Internet-basiertem Flottenmanagement. Es ist daher davon auszugehen, dass die neuen Möglichkeiten von *virtuellen Güterverkehrszentren* auf der Basis von gemeinsamen Internet-Plattformen zur Güterverteilung in Städten im Hinblick auf Steigerung der Gesamteffizienz und Umweltverträglichkeit nur ausgeschöpft werden können, wenn entsprechende Rahmenbedingungen vorliegen, die den Einsatz dieser neuen Techniken für kooperative Lösungen vorsehen.

In den Empfehlungen des IÖW (IÖW, 2000) wird gefordert, dass der Bund und die Länder den Kommunen zusätzliche Anreize geben, damit sie das Handlungsfeld „Städtischer Wirtschaftsverkehr“ effektiver gestalten können. Darin ist eine wichtige Voraussetzung für einen effektiveren und umweltverträglicheren Wirtschaftsverkehr zu sehen. Hierzu werden die folgenden Maßnahmen vorgeschlagen:

- Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Einführung von Benutzervorteilen für innovative, speziell kooperative, Organisationsformen der Güterverteilung,
- verbindliche Einführung einer Verkehrsauswirkungsprüfung von Gesetzen und Verordnungen,
- verbindliche Vorgaben der Regional- und Landesplanung zur verkehrsvermeidenden Standortplanung und
- Förderung von überbetrieblichen und interkommunalen Kooperationen unter Einbeziehung der Möglichkeiten von virtuellen Güterverkehrszentren.



## 7 Zur Auswirkung neuer Emissionsminderungstechniken bei Kraftfahrzeugen auf die zukünftige Immissionsentwicklung in Ballungsräumen

Die erheblichen Fortschritte bei den *Minderungstechniken für die Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen*, wie z. B. dem geregelten Dreiwegekatalysator, werden wegen der langen Umsetzungszeiten von neuen Emissionsgrenzwerten in der gesamten Fahrzeugflotte und wegen der dynamischen Entwicklung des Verkehrs, die technische Fortschritte bei der Emissionsminderung relativiert und teilweise sogar kompensiert, erst mit deutlicher zeitlicher Verzögerung wirksam. Seit Beginn der neunziger Jahre haben diese Minderungstechniken jedoch zu einem deutlichen Rückgang der Emissionen der Massenschadstoffe Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) und der flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC) geführt. Für Kohlenmonoxid (CO) ist bereits seit Mitte der siebziger Jahre ein kontinuierlicher Rückgang zu verzeichnen, der sich seit 1990 deutlich verstärkt hat. Bei den krebserzeugenden bzw. begründet krebserdächtigen Emissionen des motorisierten Straßenverkehrs wurde im Falle von Benzol im Zeitraum von 1990 bis 1996 eine beachtliche Reduktion erreicht, während für Dieselrußemissionen noch kein befriedigender Minderungserfolg zu verzeichnen war.

Für die Zukunft lässt sich eine weitere deutliche Minderung der Emissionen mit dem Wirksamwerden der EURO3- und EURO4- bzw. EURO5-Abgas-Grenzwerte für Pkw (Tabelle 21) sowie Lkw und Busse (Tabelle 22) abschätzen. Problematisch bleiben die nicht durch EURO-Normen geregelt, seit Mitte der neunziger Jahre auf hohem Niveau stagnierenden CO<sub>2</sub>-Emissionen. Zwar sind Verringerungen der spezifischen Kraftstoffverbräuche der Fahrzeuge und damit auch der CO<sub>2</sub>-Emissionen zu erwarten, offen bleibt jedoch, wie sich dies bei weiter anwachsendem Verkehrsaufkommen auf den Gesamtkraftstoffverbrauch auswirken wird.

Tabelle 21: Abgasgrenzwerte für die Serienproduktion von Pkw (in g/km) im neuen europäischen Fahrzyklus (Prüfverfahren „EURO2“)

(Quelle: Richtlinien 91/441/EWGm und 94/12/EG, UBA-Jahresbericht 1995, BT-DS 13/4918, BGBl. I, S. 805)

		EURO1	EURO2	EURO3	EURO4
<b>Benzin</b>	CO	3,16	2,2	2,30	1,0
	VOC + NO <sub>x</sub>	1,13	0,5		
	VOC			0,20	0,10
	NO <sub>x</sub>			0,15	0,08
<b>Diesel</b>	CO	3,16	1	0,64	0,50
	VOC + NO <sub>x</sub>	1,13	0,7/0,9 <sup>*)</sup>	0,56	0,3
	NO <sub>x</sub>			0,50	0,25
	Partikel	0,18	0,08/0,1 <sup>*)</sup>	0,05	0,025

\*) für Dieselfahrzeuge mit Direkteinspritzung

Tabelle 22: Abgasgrenzwerte für LKW und Busse (in g/kWh) im neuen europäischen Fahrzyklus (Grenzwerte für die Serienproduktion)

(Quelle: Umwelt Nr.3/1999)

	88/77/EWG	EURO 1		EURO 2		EURO 3		EURO 4/5			
		91/542/EWG						Beschluss des Umweltministerrates vom 21.12.1998			
		seit 1988/90	ab 1992/93		ab 1995/96		ab 2000		ab 2005/2008		
		1. Stufe	2. Stufe	ESC- und ELR-Test <sup>1)</sup>	ETC-Test <sup>2) 3)</sup>	ESC- und ELR-Test <sup>1)</sup>	ETC-Test <sup>2) 3)</sup>				
CO	12,3	4,9	4,0	2,1	5,45	1,5	4,0				
HC	2,6	1,23	1,1	0,66	-	0,46	-				
NMHC	-	-	-	-	0,78	-	0,55				
Methan	-	-	-	-	1,6	-	1,1				
Nox	15,8	9,0	7,0	5,0	5,0	3,5 / 2,0	3,5 / 2,0 <sup>4)</sup>				
Partikel	-	0,4	0,15	0,1	0,16	0,02	0,03 <sup>5)</sup>				
Ruß	-	-	-	0,8 m <sup>-1</sup>	-	0,5 m <sup>-1</sup>					

1) geändertes / verschärftes Prüfverfahren für alle Dieselmotoren

2) zusätzlicher Transienten-Test für Dieselmotoren mit Abgasnachbehandlungssystemen

3) Für Gasmotoren nur Transient-Test

4) Nur für Erdgasmotoren

5) Nur für Dieselmotoren

Von großer verkehrs- und umweltpolitischer Bedeutung ist die Bewertung der bereits erfolgten und der noch zu erwartenden Emissionsminderungen des motorisierten Straßenverkehrs als Lösungsbeitrag der immer noch als erheblich eingeschätzten durch ihn induzierten Umweltprobleme (SRU, 2000). Grundsätzlich gestatten *Aussagen zu Emissionsminderungen noch keine Aussage über die Qualität des erreichten bzw. des zu erwartenden Umweltzustandes*. Die Erreichung von Umweltqualitätszielen, die zumeist als wirkungsbezogene Immissionswerte für die human- und ökotoxischen Stoffe sowie als Risikowerte für bestimmte Stoffgruppen vorliegen, erfordert detaillierte quantitative Abschätzungen darüber, wie sich die Emissionsverminderungen auf die Immissionssituation und damit auf das Risiko der exponierten Bevölkerungsgruppe auswirken und in welchem Ausmaß die angestrebten Qualitätsziele unter Berücksichtigung der Gesamtsituation erreicht werden. Von besonderem Interesse im Hinblick auf die Fragestellung dieser Studie ist es, inwieweit sich die Emissionsminderungen des motorisierten Straßenverkehrs auf die spezielle Umweltsituation der Ballungsräume, die die Lebens- und Arbeitsräume eines Großteils der Bevölkerung darstellen, auswirkt.

Eine Orientierung für die anzustrebende Umweltqualität in Ballungsräumen gibt die 1997 in Kraft getretene Verordnung zur Durchführung des Immissionsschutzgesetzes (23. BImSchV), die für bestimmte Straßen und Gebiete Konzentrationen für Luftschadstoffe festlegt, bei deren Überschreiten Maßnahmen zur Verkehrsbeschränkung zu prüfen sind. Für die krebserzeugenden Emissionen des Straßenverkehrs sei in diesem Zusammenhang auf den Bericht der Arbeitsgruppe „Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen“ des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI, 1991) hingewiesen. Zu nennen sind hier insbesondere Benzol und Dieselruß, die nach Untersuchungen des Fraunhofer Instituts für Toxikologie und Aerosolforschung (UBA 1999a) und nach Einschätzung von Expertenkommissionen zur Bewertung toxikologischer und ökotoxikologischer Wirkungen, wie dem Rat von Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) und der MAK-Kommission, ein kanzerogenes Wirkungspotenzial besitzen. Während sich die in der 23. BImSchV festgelegten Konzentrationswerte, bei

deren Überschreitung weitergehende Maßnahmen zu prüfen sind, weitgehend an der vorliegenden Umweltsituation in den Ballungsräumen orientieren, beruhen die Werte des LAI-Berichts auf einer vergleichenden Risikoabschätzung der betrachteten kanzerogenen Stoffe. Der LAI-Bericht geht von der Hypothese der sogenannten linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung aus. Augenblicklich liegt das Gesamtkrebsrisiko durch Luftschadstoffe nach Berechnungen des LAI in ländlichen Gebieten bei etwa 1: 5000, d.h. ein Krebstoter auf 5000 Einwohner, und in Ballungsräumen bei etwa 1:1000. International wird ein Ziel von 1:100 000 bis 1:1000 000 gefordert (SRU, 1994). Um das Krebsrisiko in Ballungsräumen dem für ländliche Regionen errechneten Risikowert anzunähern, sind somit erheblich umfangreichere Minderungsmaßnahmen bei den durch den motorisierten Straßenverkehr verursachten Benzol- und Dieselrußemissionen notwendig als für die Erreichung der Prüfwerte der 23. BImSchV, da die entsprechenden Zielwerte des LAI um fast eine Größenordnung unter denen der 23. BImSchV liegen (Tabelle 23).

Nach Angaben des LAI liegen in Ballungsgebieten mittlere Immissionskonzentrationen von Dieselruß und Benzol von etwa  $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vor, in ländlichen Gebieten sind diese Werte um etwa eine Größenordnung geringer. Auswertungen von Messungen im Ballungsraum München zeigen, dass der Prüfwert der 23. BImSchV von  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für Dieselruß im Bezugsjahr 1995 auf etwa 8 % der Streckenlänge der Münchener Straßen überschritten wird, für Benzol liegt dieser Anteil bei etwa 10% (Tabelle 24). In einigen Straßen Münchens wird der Prüfwert für Dieselruß um mehr als das Doppelte überschritten (Abb. 43), bei Benzol und Stickstoffoxiden sind diese Überschreitungen geringer.

Tabelle 23: Luftqualitätsziele entsprechend 23. BImSchV und des LAI

	<b>Benzol</b> Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Dieselruß</b> Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	<b>Stickstoffdioxid</b> 98 % Fraktilwert aller Halbstundenwerte ei- nes Jahres in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Prüfwert 23. BImSchV	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>160</b>
LAI-Wert bei Risiko 1:1000	6,3	3,8	-
LAI-Wert bei Risiko 1:2500	2,5	1,5	-
LAI-Wert bei Risiko 1:5000	<b>1,3</b>	<b>0,8</b>	-

Simulationsrechnungen mit dem im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelten Umweltrechenmodell MOBILEV zeigen, dass mit zunehmendem Wirksamwerden der Abgasgrenzwerte EURO3, EURO4 bzw. EURO5 erhebliche Emissionsminderungen zu erwarten sind. Die Rechnungen gehen von Fahrzeugflotten aus, deren Zusammensetzung aus Fahrzeugen der verschiedenen Emissionskategorien bis zum Jahr 1997 den Bestandsdaten der Statistik des Kraftfahrtbundesamtes entnommen wurde (Tabelle 25). Die Fortschreibung dieser Verteilung beruht auf Prognosen zu den zukünftigen Neuzulassungen und endgültigen Stilllegungen von Kraftfahrzeugen (HBEFA, 1999). Während die EURO3-Werte bereits seit Anfang des Jahres 2000 für neue Fahrzeugmodelle wirksam sind, werden die EURO4 bzw. EURO5-Werte erst im Jahr 2005 bzw. 2008 in Kraft treten.

Die Rechnungen zeigen für den Fall gleichbleibenden Verkehrsaufkommens wie im Bezugsjahr 1997 (Status-quo-Analyse) sowohl für den Bereich der Innenstadt Münchens (Abb. 45) wie auch für den gesamten Ballungsraum (Abb. 44) einen vergleichbaren Rückgang der Emissionen der betrachteten Schadstoffe. Die größten Reduktionserfolge wurden im Zeitraum bis zum Jahr 2000 für Benzol errechnet. Unter der Annahme, dass sich die aus dem Kraftverkehr resultierenden Immissionen proportional zu den erreichten Emissionsminderungen verhalten, ist davon auszugehen, dass sich auch die Häufigkeit der Überschreitungen der Prüfwerte der Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten (23. BImSchV) erheblich vermindern wird. Auch die für Stickstoffoxide bis zum heutigen Zeitpunkt erreichten Minderungserfolge dürften ausreichen, um die Prüfwerte der 23. BImSchV zu unterschreiten. Noch nicht ausreichend sind jedoch die im Zeitraum von 1997 bis 2000 erreichten Minderungen von Dieselrußemissionen mit etwa 20 %, um die Prüfwerte der 23. BImSchV flächendeckend zu unterschreiten. Dies ist erst für den Zeitraum nach dem Jahr 2005 zu erwarten, falls nicht eine weitere zunehmende Motorisierung die Belastungssituation des Ballungsraums wesentlich verschlechtern wird.

Für das Jahr 2010 ergeben die Simulationsrechnungen wiederum für Status-quo-Bedingungen, dass sowohl die Dieselruß- wie auch die NO<sub>x</sub>- Emissionen nur noch etwa 25% des für 1997 errechneten Wertes betragen. Noch stärker wird die Minderung der Benzolemissionen sein. Die gegenwärtig in Teilbereichen der Ballungsräume noch über den Prüfwerten der 23. BImSchV liegenden Werte für Benzol- und Dieselruß werden dann deutlich unterschritten werden. Für Benzol ist sogar zu erwarten, dass der LAI-Wert von 1,3 µg/m<sup>3</sup> erreicht wird, für Dieselruß dagegen dürfte dies für diesen Zeitpunkt noch nicht der Fall sein.

Tabelle 24: Überschreitung der Prüfwerte der 23. BImSchV im Straßennetz von München 1998 für die Schadstoffe Benzol, Dieselruß und Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)  
(Quelle: Referat für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München)

		Streckenabschnitte mit Überschreitung			
		Anzahl		Länge	
Prüfwert			in %	in km	in %
NO <sub>x</sub>	160 µg/m <sup>3</sup>	8	0,40	1,7	0,34
Benzol	10 µg/m <sup>3</sup>	192	10,40	49,9	10,00
Dieselruß	8 µg/m <sup>3</sup>	160	8,70	39,0	7,80

Zur Auswirkung neuer Emissionsminderungstechniken bei Kraftfahrzeugen auf die zukünftige Immissionsentwicklung in Ballungsräumen

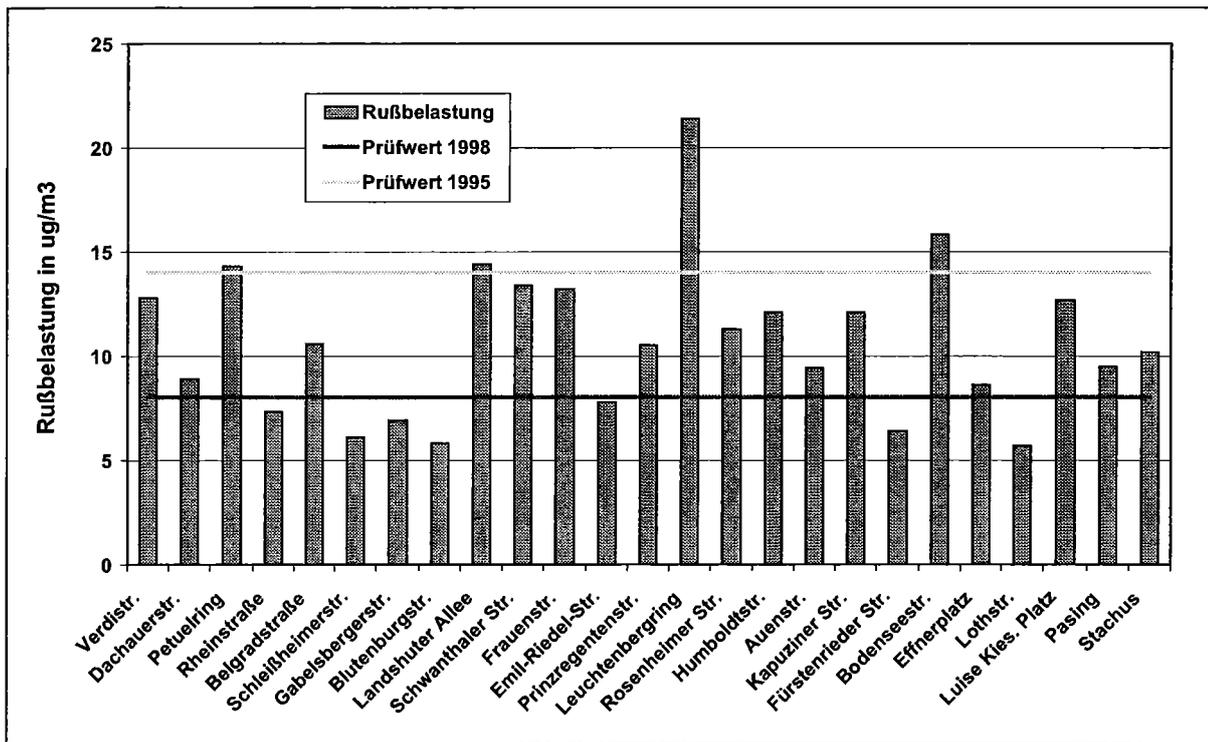


Abb. 43: Belastungssituation mit Rußpartikeln für ausgewählte Straßen Münchens im Jahr 1995  
(Quelle: Referat für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München)

Tabelle 25: Zusammensetzung der Fahrzeugflotte (PKW) für verschiedene Bezugsjahre mit Fahrzeugen der verschiedenen Emissionskategorien

	Benzinfahrzeuge				Dieselfahrzeuge			
	EURO2	EURO3	EURO4	Sonstiges	EURO2	EURO3	EURO4	Sonstiges
	Anteil in %				Anteil in %			
1996	14,16	0,00	0,00	85,84	11,99	0,00	0,00	88,01
1998	35,12	1,63	0,00	63,25	24,89	7,88	0,00	67,23
2000	41,17	12,96	0,00	45,88	22,66	22,48	4,54	50,33
2002	33,86	32,53	1,53	32,08	18,51	27,74	17,14	36,61
2004	26,59	39,99	11,72	21,70	15,35	25,70	34,14	24,80
2006	20,48	35,42	29,30	14,81	13,14	22,14	50,01	14,72
2008	15,41	28,15	47,49	8,95	9,52	18,66	64,10	7,72
2010	11,49	21,80	61,62	5,09	5,94	14,62	75,87	3,57
2012	8,24	16,42	72,73	2,62	3,06	10,16	85,21	1,57
2014	4,96	12,40	81,46	1,17	1,25	6,14	91,92	0,68
2016	3,07	8,88	88,05	0,00	0,92	3,13	95,95	0,00
2018	1,24	5,69	93,07	0,00	0,20	1,70	98,10	0,00
2020	0,26	3,33	96,41	0,00	0,00	0,76	99,24	0,00

Zur Auswirkung neuer Emissionsminderungstechniken bei Kraftfahrzeugen auf die zukünftige Immissionsentwicklung in Ballungsräumen

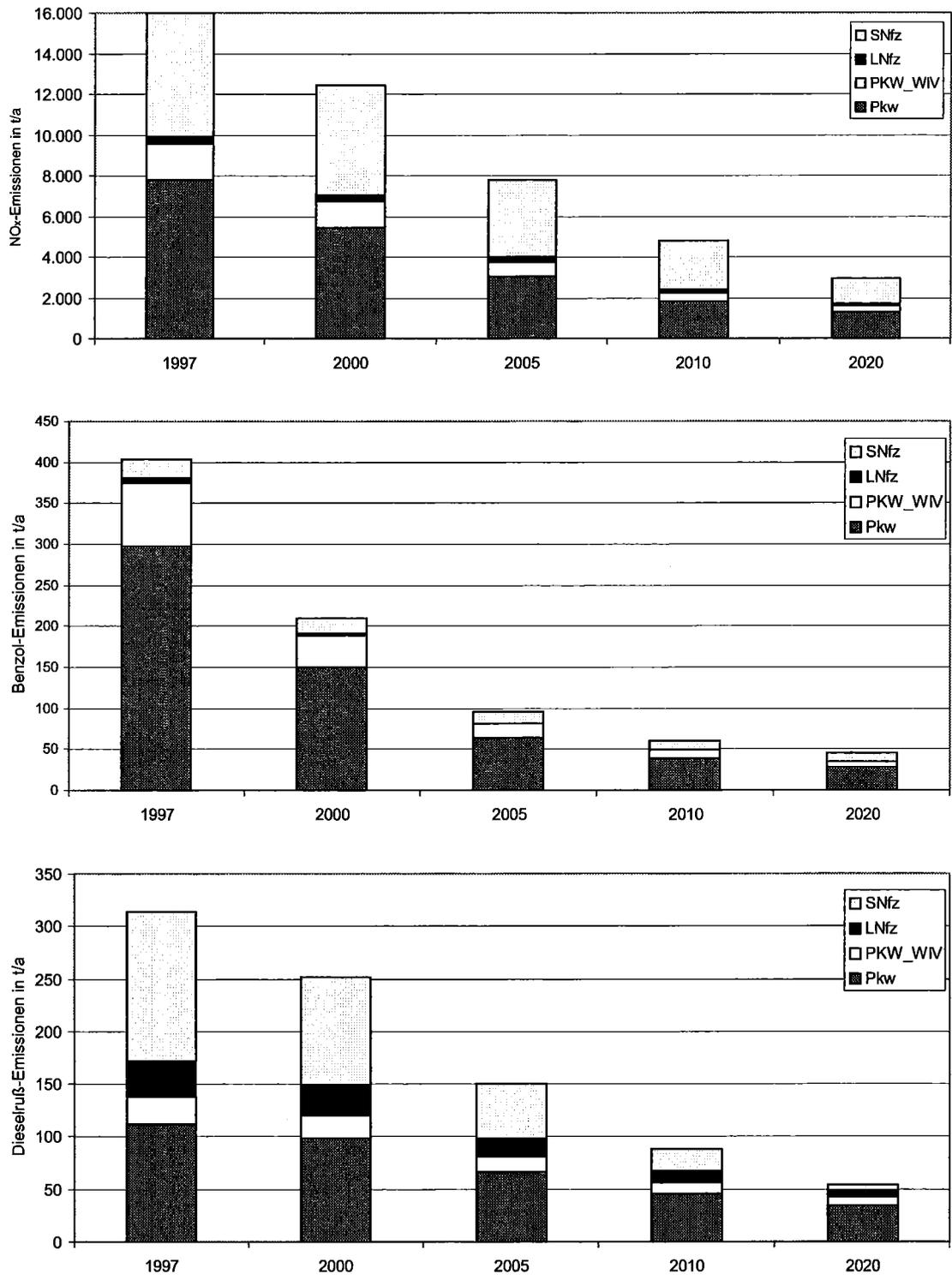


Abb. 44: Zeitliche Entwicklung der Emissionen der Schadstoffe, die in der 23. BImSchV geregelt werden, im Bereich des **Ballungsraums München**

Zur Auswirkung neuer Emissionsminderungstechniken bei Kraftfahrzeugen auf die zukünftige Immissionsentwicklung in Ballungsräumen

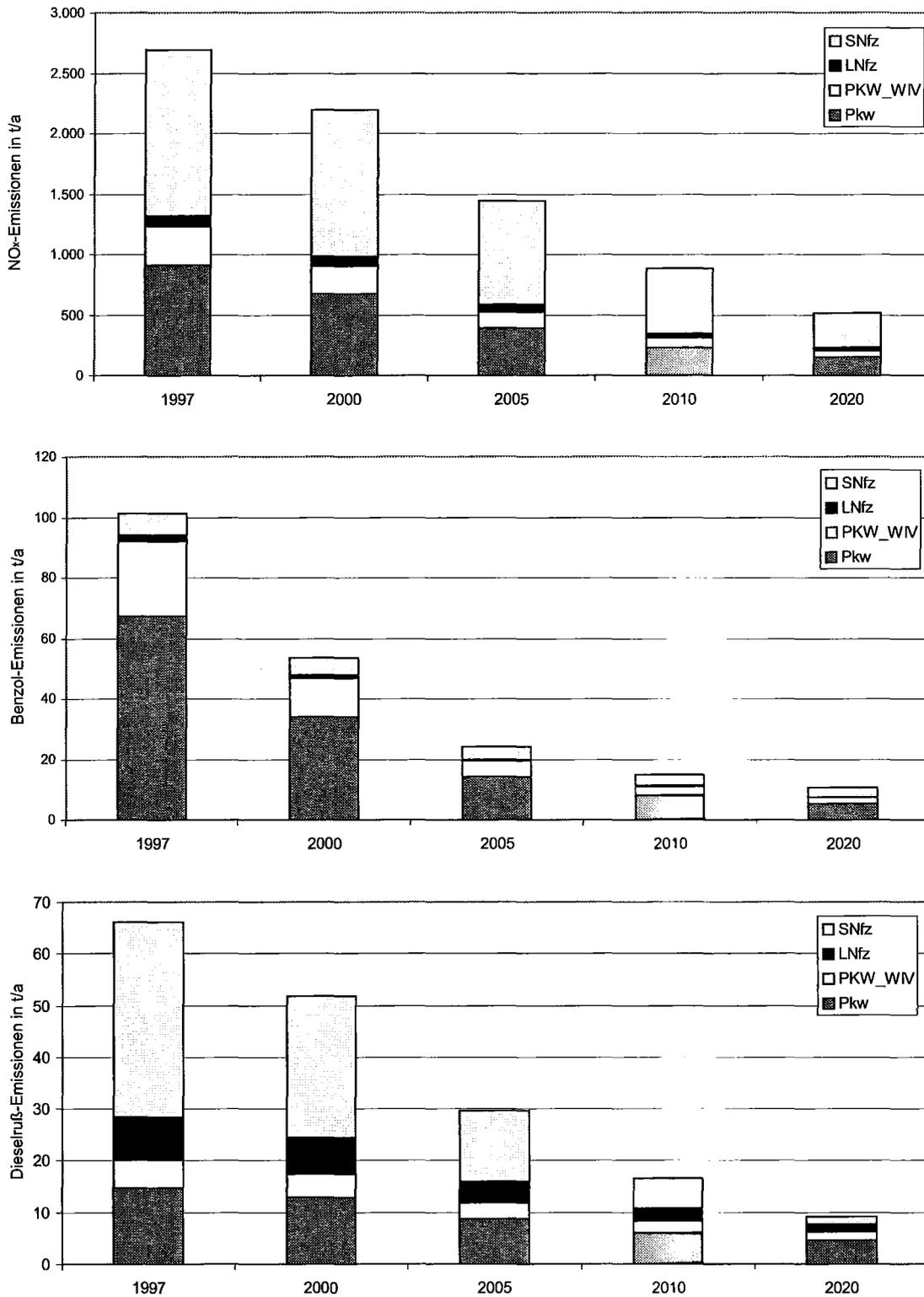


Abb. 45: Zeitliche Entwicklung der Emissionen der Schadstoffe, die in der 23. BImSchV geregelt werden, im Bereich der Innenstadt Münchens



## 8 Zur Eignung verkehrswissenschaftlicher Bewertungsverfahren für Technikfolgenabschätzungen neuer IuK-Techniken und Dienste im Verkehrsbereich

Der Ansatz der Technikfolgenabschätzung, die Entwicklung und Analyse von Optionen, sieht sich im Bereich verkehrswissenschaftlicher Fragestellung methodisch mit formalisierten Bewertungskonzepten konfrontiert, mit denen Erfassung, Berechnung und Bewertung von Projekten der Verkehrsinfrastruktur vorzunehmen sind. Für die Planungen von Verkehrsinfrastrukturbauprojekten sind in der Praxis insbesondere die Verfahren und Kriterien der „Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) 1992“, die „Empfehlungen für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung an Straßen (EWS) 1997“ (FGSVa, b, 1997) sowie die „Standardisierte Bewertung von Verkehrsweginvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs“ den entsprechenden Planungs- und Entscheidungsprozessen gesetzlich vorgegeben. Im Rahmen dieser Studie interessiert daher eine Beurteilung dieser formalisierten Verfahren im Hinblick darauf, inwieweit sie den Anforderungen wissenschaftlicher Politikberatung entsprechen. Beurteilungskriterien sind vor allem Planungsrationalität, Transparenz und Praktikabilität der Verfahren. Je nach dem, wie die Beurteilung ausfällt, könnten die formalisierten Verfahren eventuell auch Relevanz für die Weiterentwicklung der TA-Methodik besitzen.

Zu den aus Umweltsicht gravierendsten Mängeln der bisher angewandten Verfahren, wie sie sich als verkehrswissenschaftlicher Diskussionsstand zu den Bewertungsverfahren herausgestellt haben, wurden Vorschläge zur Verfahrensverbesserung gesichtet und diskutiert. Bei der anstehenden Neufassung der Bewertungsverfahren werden auch neuere Ansätze zu berücksichtigen sein, die Umweltauswirkungen sowohl umfassender als auch differenzierter einbeziehen als die bisherigen.

An der Überarbeitung des Gesamtverfahrens und der Methodik der aus dem Jahre 1992 stammenden Bundesverkehrswegeplanung (BVWP) wird seit Langem gearbeitet. Als Ziel der Überarbeitung wird in der Koalitionsvereinbarung zur Bundesregierung vom Herbst 1998 ausdrücklich genannt, dass insbesondere *Umweltauswirkungen* stärker als bisher zu berücksichtigen seien (FES 2000, Anhang, S. 100). Da mit einer verbindlichen Verabschiedung der Neufassung durch den Bundestag erst in der nächsten Legislaturperiode zu rechnen ist, hat das Ministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen in seinem „Verkehrsbericht 2000“ zur Schaffung von Planungssicherheit einen „Zwischenbericht“ zur Überarbeitung der BVWP gegeben (BMVBW, 2000). Diese Version weist bereits erhebliche Weiterentwicklungen des Verfahrens und der Methodik auf; mit Blick auf die verkehrswissenschaftliche Diskussionslage verbleiben jedoch unter Umweltgesichtspunkten noch etliche – auch gravierende – Punkte verbesserungswürdig. Eine Weiterentwicklung der BVWP wie auch entsprechender Teile der EWS und des Standardisierten Verfahrens ist anzustreben, um die Umweltfolgen des Verkehrs zukünftig adäquat in die Entscheidungen über seine Entwicklung, insbesondere über den weiteren Ausbau seiner Infrastruktur, einbeziehen zu können.

Im Abschnitt 8.1 werden einleitend einige inhaltliche und methodische Grundcharakteristika von formalisierten Bewertungsverfahren dargestellt, die auch unter Umweltaspekten relevant werden; sie betreffen die Erfassung der Bewertungsgegenstände im weiteren Sinn. In Bezug auf die genannten Beurteilungskriterien – Planungsrationalität, Transparenz, Praktikabilität – ist es erforderlich, auch die den inhaltlichen wie methodischen Aspekten der Bewertungsverfahren vorgeschalteten Vorgehensweisen zu betrachten; insbesondere ist zu beleuchten, wie vorgeschlagene Neu- oder Ausbauprojekte der Verkehrsinfrastruktur in den Prozess der Planung und schließlich der politischen Entscheidung eingebracht und dabei bearbeitet werden. Im Folgenden werden daher einige diesbezüglichen Aspekte der BVWP '92 aufgeführt, auf wesentliche Punkte von deren Modernisierung im Verkehrsbericht 2000 hingewiesen und ausgewählte Argumentationen zu deren Weiterentwicklung skizziert.

Für diese drei Stationen der Bundesverkehrswegeplanung – BVWP '92 / BVWP-Modernisierung 2000 / aktuelle, weitergehende Vorschläge – werden anschließend in Abschnitt 8.2 die methodischen Vorgaben zu Erfassung, Berechnung, Wertansatz und Gesamtbewertung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe und Klimagase erhellend, die im Mittelpunkt der hier vorzunehmenden Betrachtung der Umweltaspekte stehen. Bei den aktuellen Vorschlägen zur Verbesserung der BVWP-Verfahren unter Umweltaspekten soll insbesondere die Studie des UBA 1999 einbezogen werden.

Zum Schluss des Kapitels wird in Abschnitt 8.3 ein Resümee gezogen und eine Tendenzaussage im Hinblick auf das methodologische Verhältnis von formalisierten Bewertungsverfahren à la BVWP zu Ansätzen der Technikfolgen-Abschätzung gewagt.

## **8.1 Inhaltliche und methodische Grundcharakteristika sowie Aspekte des Ablaufs von Planung und politischer Entscheidung**

### **8.1.1 BVWP '92**

Um das übergeordnete Ziel der Wohlfahrtssteigerung der Bevölkerung zu erreichen, dient die Bundesverkehrswegeplanung als Rahmenplan der Koordinierung von Planungen und Entscheidungen über Investitionen in Verkehrsbauwerke der Verkehrsbranche Straße, Schiene und (Binnen-) Wasserstraßen. Konkurrierende erwogene Investitionsvorhaben werden dazu in ihren Wirkungen vor dem Hintergrund integrierter Gesamtverkehrsprognosen für diese Verkehrsbranche und anhand einheitlicher Kriterien in Hinblick auf ihre Bauwürdigkeit und Dringlichkeit beurteilt. Die Bewertung erfolgt gesamtwirtschaftlich, sie erfasst umfassend („alle projektbedingten Vor- und Nachteile“) die unerwünschten ebenso wie die intendierten Wirkungen. Die Projektwirkungen werden „so weit wie möglich in Wettbewerbspreisen“ ausgedrückt, damit die Bewertung wesentlich an Hand einer Nutzen-Kosten-Analyse durchgeführt werden kann. Den Investitions- und Unterhaltskosten der Verkehrsbauwerke werden dabei durch diese erzielte Nutzen gegenübergestellt. Die Nutzen ergeben sich in Form von Kosteneinsparungen, die durch das jeweils erwogene Projekt (als dem „Mit-Fall“) gegenüber dem Verkehrsablauf im Netz ohne das Projekt (dem „Ohne-Fall“) erzielt werden. Dabei sind grundsätzlich die der öffentlichen Hand entstehenden und die einzelwirtschaftlichen Kosten durch externe Kosten zu ergänzen (vgl. BMV 1993, S. 3-7). Die Investitionskosten umfassen neben den Baukosten und den Kosten für den Flächenerwerb auch „Entschädigungen, bauli-

chen Lärmschutz und bauliche Maßnahmen zur Minderung von Eingriffen in Natur und Landschaft“ (S. 9).

Die Projektwirkungen verschiedenster Dimensionen werden sehr weit gehend monetarisiert, um auf diese Weise eine sowohl einheitliche wie auch umfassende Bewertung zu erzielen. Bei Fehlen von Wettbewerbspreisen wird auf abgeleitete Preise (über Vermeidungskosten, Alternativkosten, Opportunitätskosten) zurückgegriffen mit dem Ziel, „den Wert des Ressourcenverzehr“ zu erfassen. Bei der Methodik der BVWP wird – im Gegensatz zu unserer einleitend skizzierten Einschätzung des Diskussionsstandes – davon ausgegangen, dass der Monetarisierung von wohlfahrtsrelevanten Projektwirkungen „grundsätzlich“ keine Hindernisse entgegenstehen. Es wird vielmehr angenommen, dass sich etwa bei inadäquaten Marktpreisen ‚Schattenpreise‘ angeben ließen, die dann den Wert der entsprechenden Ressource, z.B. nicht erneuerbarer Energie, angemessen widerspiegeln würden. Aus pragmatischen Gründen könne man gleichwohl Monetarisierungen von Projekteinflüssen auf einige relevante Wirkungsfelder „noch nicht durchführen“, so dass doch „ergänzende Bewertungen in nicht-monetären Skalen erforderlich“ blieben. Dazu werden die Projektwirkungen auf Natur und Landschaft sowie auf einige weitere möglicherweise hineinspielende ökologische Aspekte gezählt (u.U. werden Umwelt-Risiko-Einschätzungen durchgeführt). Außerdem fallen hierunter Projekteinflüsse in Hinblick auf städtebauliche und noch auf „zusätzliche“ in die Beurteilung einzubeziehende Aspekte. Unter die letzteren fasst man gegebenenfalls insbesondere „Interdependenzen“ von Straße und Schiene sowie „Projekte von herausragender Bedeutung“ (BMV 1993, S. 17-19).

Die Ergebnisse der gesamtwirtschaftlichen (d.h. mit vollständig monetarisierten Größen vorgenommenen) Kosten-Nutzen-Analyse einschließlich des für die Entscheidung relevanten Nutzen-Kosten-Verhältnisses sowie die ergänzenden verbalen Beurteilungen gehen in tabellarischer, „zusammengefasster Form in Übersichten über alle Aspekte der einzelnen Projekte („Projektdossiers“ in den (weiteren) Entscheidungsprozess ein (S. 9). – Verschiedene methodologische Gründe gegen eine zu weit gehende Monetarisierung von Projektwirkungen auf ökologische und sonstige Ressourcen werden weiter unten angesprochen, hier ist jedoch nicht der Raum, die Diskussion dazu in extenso zu führen. (Zur Monetarisierung der Umwelt allgemein als politische Entscheidungshilfe vgl. bspw. Marggraf; Streb, 1997, Kap 2; zu den gesamtwirtschaftlichen Berechnungs- und Bewertungsverfahren z.B. Baum u.a., 1998.)

Ein *Hauptkritikpunkt* an der Methodik der überkommenen BVWP im Hinblick auf eine angemessene Berücksichtigung von Umweltwirkungen erwogener Baumaßnahmen der Verkehrsinfrastruktur besteht darin, dass grundsätzlich *nur Einzelprojekte bewertet* werden. Da jedoch bereits einzelne Neu- oder Ausbaumaßnahmen Verkehrsverlagerungen auf umgebende Netzabschnitte zur Folge haben können, reicht der Ansatz von Einzelprojekten als Bewertungsgegenständen schon *verkehrlich* nicht hin; damit auch nicht bezüglich der einbezogenen *wirtschaftlichen* Größen. Mit derartigen Verlagerungen im betrachteten Verkehrsnetz jenseits des jeweils betrachteten Einzelprojektes bleibt auch die Bewertung der entsprechenden ökologischen Projektwirkungen unzureichend.

Erst recht bleibt jedoch die Perspektive lediglich der *Einzelprojekte* für die Bewertung von *Umwelteffekten* als solcher – unabhängig von den genannten möglichen verkehrlichen Netzeffekten – *häufig ungeeignet*; denn Schadstoffe können weitere Wirkungen zeitigen, die gar nicht sinnvoll auf die räumliche Begrenzung von Einzelprojekten zu beziehen sind. Dies

leuchtet unmittelbar ein am Beispiel der Treibhausgase, deren Bewertung nur in globaler Betrachtung sinnvoll ist. Die Schadstoffemissionen aufgrund eines bestimmten Verkehrsprojektes können außerdem *kumulative Wirkungen* hervorrufen, welche die Projektgrenzen überschreiten oder überhaupt außerhalb liegen. Zudem können *Synergieeffekte* von Schadstoffen auftreten, die jenseits der Zurechenbarkeit zu einzelnen oder auch einer Gruppe von Projekten liegen. Wie insbesondere das UBA in seiner Studie 1999 vorschlägt (s.u., 8.1.3) und wie auch in der aktualisierten Version der BVWP-Methodik festgelegt (s.u., 8.1.2), sind daher besser *lokale* und *globale Effekte* zu trennen und jeweils auf der *Projektebene*, oder aber auf der Ebene des *Gesamtnetzes* zu ermitteln und zu bewerten.

Zwar werden in den „zusätzlichen Beurteilungskriterien“ der Methodik der BVWP auch „Interdependenzen“ zwischen den Verkehrsträgern Straße und Schiene einbezogen, nämlich „Interdependenzen zwischen Stammstrecken des BAB-Netzes und den Hauptabfuhrstrecken der deutschen Bahnen sowie zwischen Bundesfernstraßen und S-Bahn-Strecken in Ballungsgebieten“ (BMV, 1993, S. 19). Die Ergebnisse der vergleichenden Betrachtung von Projekten mit Streckenabschnitten konkurrierender oder ergänzender Verkehrsträger gehen aber *nicht rechnerisch* und lediglich *im Einzelfall* in die Kosten-Nutzen-Analyse (KNA) ein, sondern werden zu einem *verbalen* Urteil zusammengefasst und gehen zusammen mit den Urteilen zu den übrigen „zusätzlichen“ Kriterien in die Projektdossiers als Ergänzung der Entscheidungsgrundlagen ein. – Dazu wird kritisch angemerkt, dass die verkehrlichen und wirtschaftlichen Interdependenzen insbesondere zwischen Straße und Schiene dadurch *weder systematisch noch netzbezogen* erfasst und bewertet werden (UBA 1999b, S. 12.)

Auch in Hinblick auf die Bewertung von möglichen Umwelteffekten aufgrund von Interdependenzen verschiedener Verkehrsträger erweist sich also die Betrachtung *nur der Projektebene häufig ungeeignet*. – Da es nicht ausreicht, im Zuge der Projektbewertungen jeweils nur einen Verkehrsträger zu betrachten, sollte demgegenüber die Verkehrsplanung sowohl *projektübergreifend* als auch *verkehrsträgerübergreifend* vorgehen. Das heißt, es ist für die gesamtwirtschaftliche Bewertung der Projektfolgen ergänzend die Ebene des gesamten Verkehrsnetzes zu betrachten. Generell lässt sich sagen, dass die systematische Berücksichtigung der *Netzebene* ein *Haupt-Desiderat* der BVWP '92 darstellt.

Die Umweltwirkungen durch erwogene Projekte der Verkehrsinfrastruktur werden in der BVWP '92 sowohl in *monetarisierter* Form (NU – Nutzen Umwelt) als auch *verbal* im Zuge einer Umwelt-Risiko-Einschätzung bewertet. In die monetäre Bewertung gehen vier Merkmale ein (BMV 1993, S. 47-49): Für die drei Verkehrsträger erfasst und bewertet werden gesamtwirtschaftliche Nutzenbeiträge, die durch Verminderung der *Geräuschbelastung* (NU<sub>1</sub>) und durch Verminderung der *Abgasbelastungen* (NU<sub>2</sub>) erzielt werden. Exemplarisch werden die letzteren in Abschnitt (8.2) ausführlicher behandelt. Für den Bau von Ortsumgehungsstraßen werden Nutzenwerte aus der Verminderung von so genannten *Trennwirkungen* berechnet (NU<sub>3</sub>), die als Monetarisierung von Zeitverlusten von Fußgängern beim Warten zum Überqueren der Fahrbahn oder bei der Inkaufnahme von Umwegen angerechnet werden (S. 49). Außerdem werden „innerörtliche Umweltnachteile“ durch den Straßenverkehr berücksichtigt – als Nutzen im Falle ihrer Verminderung durch Verkehrsverlagerung auf Umgehungsstraßen –, die in Form von „Lärmbelastungen im Freien und bei geöffneten Fenstern, eingeschränkter Nutzung des Lebensraums sowie [der] Beeinträchtigung des Ortsbildes“ anfallen (*Verminderung von Beeinträchtigungen der Wohnqualität und der Kommunikation*, NU<sub>4</sub>) (ebd.).

Im Zuge der *Umwelt-Risiko-Einschätzung (URE)* werden „nur für großräumig bedeutsame Projekte“, d.h. Straßen-Neubauvorhaben von über 10 km Länge und neue Wasserstraßenausbauvorhaben, relevante Informationen zu konkurrierenden Nutzungen und Funktionen „sowie insbesondere zu Konfliktbereichen wie Arten- und Biotopschutz, Wasser, Landschaftsbild, Erholung und Kultur“ erhoben (S. 18). Für die Neubauabschnitte von „neuen Vorhaben der deutschen Bahnen“ werden zur „Ermittlung möglicher Konfliktbereiche“ so genannte „*ökologische Empfindlichkeitsbetrachtungen*“ durchgeführt (ebd.), deren Ergebnisse den Projektdossiers ebenfalls *verbal* beigegeben werden. Es handelt sich bei der URE methodisch nur um ein „relativ grobes“ Erhebungsinstrument, das „generell noch keine Aussagen“ erlaubt, „die ausreichend genau wären, um Art und Ausmaß von Eingriffen und die Wirksamkeit von Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen abschließend gegeneinander abzuwägen“. Im Falle von „ökologischen Problemhäufungen von besonderem Gewicht ohne aussichtsreiche Abhilfemaßnahmen“ kann bei der Entscheidung über die Realisierung eines Projektes aufgrund einer URE „eine Rückstufung in die nachrangige Dringlichkeit 'Weiterer Bedarf' oder gar ein Verzicht“ vorgenommen werden (BVWP, BMV 1992, S. 25f; vgl. BMV 1993, S. 18).

Bei dieser relativ groben methodischen Vorgehensweise wäre es besonders bedeutsam, dass der *Zeitpunkt der Einbeziehung der Umweltwirkungen* in das Verfahren der Bewertung und Entscheidung möglichst frühzeitig erfolgte. – Wird jedoch bisher die Umweltverträglichkeit bzw. das Umweltrisiko von Projekten der Verkehrsinfrastruktur untersucht und gegebenenfalls auch in der Entscheidung berücksichtigt (z.B. bei Fernstraßenstrecken außerorts mit über 10 km Länge), so geschieht dies gemäß dem BVWP-Verfahren – in Form von „Abwägungsmaterial“ im Zuge der Bedarfseinstufung und „vergleichenden Projektauswahl“ – erst *vergleichsweise spät*. Diese späte und schwache Einbeziehung bleibt außerdem wiederum nur auf Einzelprojekte bezogen. Dagegen wäre es unter Umweltgesichtspunkten „wünschenswert“, dass „Unverträglichkeiten mit umweltbezogenen Zielen in einem möglichst frühen Planungsstadium identifiziert werden, um Planungen frühzeitig geeignet modifizieren oder Ergänzungs- bzw. Ausgleichsmaßnahmen in die Bewertung einschließen zu können.“ (UBA 1999b, S. 3).

„*Induzierter Verkehr*“ bezeichnet denjenigen Anteil am Wachstum von Verkehrsaufkommen bzw. Verkehrsleistung, der allein schon der Realisierung von Neu- und Ausbaumaßnahmen der Verkehrsinfrastruktur zuzurechnen ist: Es wird angenommen, dass allein die Erhöhung und Verbesserung des Angebotes an Verkehrswegen in einem bestimmten Umfange auch bereits dessen Inanspruchnahme vermehrt. Während nun in der verkehrswissenschaftlichen Diskussion diese Überlegung als solche durchaus weite Anerkennung gefunden zu haben scheint, führten die offensichtlichen Schwierigkeiten, den induzierten Verkehr auch quantitativ zu bestimmen, dazu, diesen Aspekt aus den formalisierten Bewertungsverfahren vollständig auszuklammern, insbesondere aus der BVWP '92. – Die modernisierte Fassung der BVWP 2000 berücksichtigt die induzierten Verkehre ansatzweise, andere Vorschläge zur methodischen Weiterentwicklung der Bewertungsverfahren gehen auch in diesem Punkt weiter (vgl. u., 8.1.2 und 8.1.3).

Das *Verfahren der Projektanmeldung und der Entscheidung* für geplante Projekte der Verkehrsinfrastruktur, wie sie in der BVWP '92 vorgegeben sind, ist allgemein im Sinne der eingangs genannten Kriterien, insbesondere der Transparenz und der Planungsrationalität, zu betrachten. *Indirekt* sind durch das allgemeine Verfahren auch die *Umweltaspekte* berührt, indem die Umwelteffekte des Verkehrs, wie sie sich durch entsprechenden Ausbau der Infra-

struktur ergeben, bereits in der Planung, und erst recht in der Entscheidung, Berücksichtigung finden.

Der *Bedarfsplan für die Bundesfernstraßen* bildet (als Anhang) einen Teil der BVWP '92, für den durch das Fernstraßenausbaugesetz (FstrAbG in der Bekanntmachung vom 24. 11. 1993) wie dies durch das vierte Gesetz zur Änderung des Fernstraßenausbaugesetzes (4. FstrAbÄndG vom 15. 11. 1993) auch in juristischer Form vorgegeben ist, dass die darin enthaltene Bedarfsfeststellung in Hinblick auf die *Linienbestimmung* bzw. die den einschlägigen Fachgesetzen entsprechende *Planfeststellung verbindlich* ist. Entsprechendes gilt für den Verkehrszweig Eisenbahn bezüglich der Bedarfsfeststellung zu den Bahnstrecken in der BVWP '92 und das (erstmalige) Bundesschienenwegeausbaugesetz vom 15. 11. 1993) (vgl. UBA 1999, S. 11).

Aufgrund des Zustands der Verkehrswege in den neuen Bundesländern und der veränderten Situation nach der deutschen Wiedervereinigung wie auch der Öffnung der Grenzen zwischen Ost- und Westeuropa sah sich die Verkehrspolitik Anfang der 1990er Jahre besonderen Herausforderungen gegenüber. Dadurch wurde die BVWP '92 durch einen besonders großen Teil von neuen Investitionsvorhaben in die Verkehrsinfrastruktur geprägt. 1990 wurde vom Gesetzgeber das „Lückenschlussprogramm der Deutschen Bahn“ und 1991 die „Verkehrsprojekte Deutsche Einheit (VDE)“ beschlossen, zunächst unabhängig von der Verkehrswegeplanung. In der BVWP '92 finden sich die meisten Projekte des Lückenschlussprogramms ebenfalls im Abschnitt „VDE“ wieder; dessen Aus- und Neubauvorhaben wurden also vom Gesetzgeber beschlossen, *ohne* dass sie dem gesamtwirtschaftlichen Bewertungsverfahren unterzogen worden wären.

Die *Bedarfsplanung* der BVWP '92 enthält die Kategorien „Indisponibler Bedarf“ und „Neue Vorhaben“. Der „*indisponible Bedarf*“ umfasst den folgenden, sehr umfangreichen Teil der BVWP '92 (BMV 1992, S. 15; vgl. UBA 1999, S. 11):

- „*Überhang*“: Vollendung laufender Vorhaben, Vorhaben des Lückenschlussprogramms der Deutschen Bahn, Ortsumgehungsprogramm von Bundesfernstraßen in den neuen Ländern;
- *Ersatz- und Erhaltungsbedarf* sowie *Nachholbedarf* in den neuen Ländern;
- „*VDE – Verkehrsprojekte Deutsche Einheit*“;
- „*vordringlicher Bedarf*“ aus dem BVWP '85.

Als „*neue Vorhaben*“ werden eingestuft:

- Vorschläge der Bundesländer;
- Vorschläge des Bundesministeriums für Verkehr;
- Vorschläge der Deutschen Bahn;
- Anträge der politischen Mandatsträger;
- Projekte der Stufe „*Planungen*“ der BVWP '85.

Lediglich die „*neuen Vorhaben*“ werden einer – gegebenenfalls neuerlichen – Bewertung unterzogen. Dies schafft offensichtlich bezüglich der Bewertung der Umweltwirkungen der einbezogenen Projekte, damit der Vorhaben der BVWP '92 insgesamt, eine schwierige Situation; denn der Löwenanteil der zur Realisierung anstehenden Infrastrukturprojekte des Fernverkehrs wird gerade *nicht* (neu) bewertet.

Da angesichts der angesprochenen besonderen Situation der Verkehrsinfrastruktur nach der Wiedervereinigung zwar eine mächtige Zahl von investiven Projekten erforderlich schien, diesen aber keine entsprechend umfangreichen Investitionsmittel gegenüberstanden – abgesehen vom Lückenschlussprogramm und den VDE wurden für die BVWP keine nennenswerten zusätzlichen Mittel bereitgestellt –, war die Finanzierbarkeit der ausgewählten, mit der höchsten Priorität „indisponibler Bedarf“ eingestufte Projekte nicht gewährleistet. Dies hatte einen großen, neuerlichen Überhang nicht in Angriff genommener und nicht realisierter Projekte zur Folge, so dass von der BVWP '92 die zentrale Funktion einer *koordinierten* Planung nicht erfüllt und damit insbesondere die Kriterien der *Planungsrationalität* und *Transparenz verletzt* wurden.

Kritik an der *mangelnden Planungsrationalität* wurde an der BVWP bereits vor der Wiedervereinigung laut mit Hinweisen darauf, dass bei dem Verfahren unklar bleibe, wie innerhalb der einzelnen Bundesländer die Projektvorschläge *ausgewählt* würden. Außerdem bestehe die Tendenz, dass insbesondere von den Ländern *zu viele* Projekte angemeldet würden. Auch die *Entscheidung* über die Projekt-Auswahl ist allein schon angesichts der Heterogenität der unter dem „indisponiblen Bedarf“ zusammengefassten Projektarten *wenig transparent*.

In Abgrenzung zum Szenario „F“, worin die Konstanz der ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen und der Preise unterstellt werden (Trend-Szenario), orientiert sich bei der BVWP '92 die *Verkehrsprognose* (1991–2010), die den Projektbewertungen – den „neuen Vorhaben“ – als Mengengerüst zugrundegelegt wird, an dem Verkehrsentwicklungsszenario „H“. Dieses unterstellt die

- moderate Erhöhungen der Nutzerkosten (real + 30 % für PKW; + 5 % für LKW),
- gleichzeitig jedoch eine restriktive kommunale Verkehrspolitik,
- außerdem eine deutliche Angebotsverbesserung im Schienenverkehr.

An diesen Vorgaben wurde verschiedentlich kritisiert, dass durch sie eigentlich mögliche, stärker an Umweltbelangen orientierte verkehrspolitische Einflussnahmen eher in den Hintergrund treten. Stärkere Einflussnahmen seien erforderlich, da sonst vor allem der Straßen-Gütertransport so hohe Steigerungsraten erwarten ließ, dass aus der vielberedeten „Entkopplung“ von Wirtschaftswachstum und weiterem starken Anstieg der Verkehrsleistungen nichts würde. Mit dem Szenario „G“ („Gestaltung“), das deutlich restriktivere Bedingungen zur Wachstumsbeschränkung der Verkehrszweige Straßen- und Luftverkehr vorsah, wäre ein entsprechend höherer Anteil des Gütertransportes auf die Bahn zu verlagern gewesen. Angesichts der dafür notwendigen Änderungen der Rahmenbedingungen konnte es jedoch politisch nicht durchgesetzt werden, auch wenn sich die Konferenz der Umweltminister des Bundes und der Länder dafür einsetzte (vgl. Halbritter u.a., 1999, S. 39f).

Von der Politik wurden also für die Erstellung der Verkehrsprognose die Annahmen des Szenario „H“ als verbindlich vorgegeben, jedoch unter der oben erwähnten Hinzufügung der per Gesetz beschlossenen Verkehrsprojekte Deutsche Einheit, so dass das „*Szenario Bezugsfall*“ deren Realisierung gleichfalls unterstellt.

### 8.1.2 BVWP – modernisiert

Wie bei der bisherigen BVWP, so besteht auch in deren modernisierter Fassung (Gehring, 2000; vgl. Fulda, 2000) das methodische Vorgehen darin, zuerst die physischen, nicht-monetären Effekte des Verkehrs zu erfassen und dann erst die Wirkungen und Folgen zu monetarisieren. Das gesamtwirtschaftliche Bewertungsverfahren für Verkehrswegeinvestitionen des Bundes besteht nach wie vor im wesentlichen aus der Nutzen-Kosten-Analyse (NKA), die durch nicht-monetäre Beurteilungen ergänzt wird. Beide Teile erfahren Veränderungen und Ergänzungen. In der Grundstruktur ihrer erfassten und bewerteten Komponenten bzw. den jeweiligen Kriterien bleibt die NKA auch zukünftig erhalten. Den Kosten und Wertansätzen der Monetarisierung liegt der Preisstand des Jahres 1998 zu Grunde.

Die Überarbeitung der BVWP gilt insbesondere der Verbesserung der Methodik bei der Behandlung der Auswirkungen im Bereich *Umwelt*. Dabei sollen die Erweiterungen der methodischen Basis zwar einerseits den wesentlichen Kritikpunkten an dem bisherigen Verfahren (BVWP '92) gerecht werden (vgl. FGSV 1999), andererseits soll aber die *Praktikabilität* des Planungsverfahrens sichergestellt bleiben. Damit dem Verfahren, wie betont wird, Transparenz und Handhabbarkeit erhalten bleiben, werden insbesondere Verfahrensverfeinerungen Grenzen gesetzt: Festlegungen und Annahmen dürften auf der Ebene der BVWP nur 'angemessen' grob sein, denn diese solle ja den Raumordnungsverfahren, Linienbestimmungen und Planfeststellungen oder vergleichbaren Verfahren nicht vorgreifen (Gehring, 2000a, b). Demnach haben Änderungsvorschläge, die auf eine sehr weit reichende Revision der Bewertungsmethodik hinauslaufen, jedenfalls in dieser Zwischenstufe der Bearbeitung, wie sie im „Verkehrsbericht 2000“ dokumentiert sind, noch keine Realisierungschance. Dies gilt insbesondere für Empfehlungen, wie sie in der Studie „Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung“ gemacht werden (UBA 1999b; s.u., 8.1.3).

Im „Verkehrsbericht 2000“ als einem „*Zwischenbericht*“ zur Überarbeitung der Erfassungs- und Bewertungsmethodik der BVWP sind insbesondere *aktuelle Prognosen* der Verkehrsentwicklung enthalten, die den weiteren Berechnungen mit den betrachteten Szenarien zu Grunde gelegt werden. Neben dem Trendszenario wird eine Vielzahl von *Arbeits-Szenarien* berechnet, die unterschiedlichen ordnungs-, preis- und investitionspolitischen Maßnahmen entsprechen. Für eine jeweils erwogene Version wird untersucht, inwiefern sie den Zielen der Verkehrspolitik Rechnung trägt. In der BVWP wird den Prognosen schließlich dasjenige Szenario zu Grunde gelegt, das die verkehrspolitischen Akzente der Regierung am besten erkennen lässt.

Ausgegangen wird von einem *Szenario* „*Trend*“, das im Verkehrsbericht 2000 als „*Laissez-faire-Szenario*“ bezeichnet wird. Aus diesem wird die *Prognose* „*Trend*“ für das Zieljahr 2015 berechnet. Zu Grunde gelegt sind dem Szenario die „weitere Verminderung des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs um rund 21 Prozent für Pkw bzw. um knapp 8 Prozent für Lkw. Dem stehen (reale) Erhöhungen der Tankstellenabgabepreise – einschließlich der Öko-Steuer – bis zum Jahr 2015 um insgesamt rund 21 Prozent für Pkw bzw. 28 Prozent für Lkw gegenüber. Während für den Straßengüterverkehr eine Erhöhung der Produktivität um 14 Prozent angenommen wird, erzielt die Eisenbahn Produktivitätsfortschritte von etwa 7 Prozent.“ (BMVBW 2000, S. 60)

Auf der anderen Seite wird ein Szenario gerechnet, „das eine drastische Kostenbelastung der Sektoren Straße (...) und Luftverkehr vorsieht“ und wegen seiner fehlenden gesamtgesellschaftlichen Konsensfähigkeit „Überforderungsszenario“ genannt wird.

Sodann wird über ein *Szenario „Integration“* eine *Prognose „Integration“* errechnet. Dieses Szenario will „die extremen Annahmen des Laissez-faire- bzw. des Überforderungsszenarios“ vermeiden. „Es vereint das sozial Vertretbare mit den verkehrs- und umweltpolitischen Zielsetzungen: Mit Hilfe einer bis zum Jahr 2015 auf 0,40 DM pro Kilometer ansteigenden Benutzungsgebühr für Lkw kann ein Teil des Verkehrszuwachses von der Straße auf die Schiene und die Wasserstraße verlagert werden. Aus der Abwägung der verschiedenen Szenarien ergibt sich, dass das *Integrationsszenario* den weiteren Schritten der BVWP-Überarbeitung zugrunde gelegt werden soll.“ (BMVBW 2000, S. 60)

Neu gegliedert wurde das Ergebnis der Abwägung zur politischen Priorisierung der Verkehrsprojekte: die Einstufung der Projekte gemäß ihrer Dringlichkeit (Gehring, 2000; diese geänderte Abstufung der Priorisierung findet sich allerdings nicht mehr explizit im Verkehrsbericht 2000):

- *Vordringlicher Bedarf (VB)*: Projekte, die noch im Geltungszeitraum der BVWP realisiert werden sollen.
- *Weiterer Bedarf (WB)*: nicht mehr im Geltungszeitraum zu realisierende Projekte.
- *Kein anerkannter Bedarf (KB)*.

Um zu verhindern, dass weiterhin ein allzu großer Überhang von vordringlichen Projekten besteht, die aber im Zeitraum der BVWP gar nicht mehr zu finanzieren sind, wurde – zusätzlich u.a. zu dem weiter in die Zukunft hinein reichenden „Aktionsprogramm zur Engpassbeseitigung und Stauvermeidung“ – im Herbst 1999 das „*Investitionsprogramm 1999-2002*“ (BMVBW, 1999) aufgelegt. Aufgrund dessen Investitionsvolumen (67 Mrd. DM) gilt nun die Realisierung der mit höchster Priorität versehenen Projekte im Planungszeitraum als finanzierbar. Für die ausgewählten, in dem Programm explizit aufgelisteten Projekte der Verkehrsinfrastruktur werden die neuen Dringlichkeitsstufen „*hochprioritäre Investitionsmaßnahmen*“ und „*prioritäre Investitionsmaßnahmen*“ verwendet. Im Ergebnis der Auswahl in dieses Programm bleiben zwar weniger Projekte im Bedarfsplan, aber die verbleibenden sind auch zu realisieren. (Der „gesetzlich anerkannte Bedarf“ an den Maßnahmen der Bedarfspläne des Bundesfernstraßenausbaugesetzes und des Bundesschieneausbaugesetzes in der Kategorie „Vordringlicher Bedarf“, wird dabei grundsätzlich nicht in Frage gestellt, vielmehr auf den „*Haushaltsvorbehalt*“ ihrer Realisierung verwiesen. – Ebd., S. 5.)

Mit der im Folgenden charakterisierten neuen Methodik werden *alle „noch nicht planfestgestellten Projekte“ ökologisch geprüft und beurteilt*, die in eine der genannten „Bedarfsklassen“ des BVWP fallen, also nicht nur neu vorgeschlagene, sondern auch alle bereits früher bewerteten Projekte.

Als eine wesentliche Verbesserung der Methodik ist anzusehen, dass eine *Interdependenzbetrachtung* zwischen verschiedenen Verkehrsprojekten vorgenommen wird, *wenn* Interdependenzen bestehen. Die Bewertungen betreffen also nicht mehr lediglich einzelne Projekte. Damit können dann wechselseitige Beeinflussungen von Maßnahmen verschiedener Verkehrsträger bzw. verschiedener Maßnahmen des gleichen Verkehrsträgers ergänzend bewertet werden. „Beispiele sind Ketten von Investitionsmaßnahmen (z.B. Ketten von Ortsumfahrun-

gen) und Maßnahmen der gleichen oder verschiedener Verkehrsträger in Parallellage.“ (S. 8) Damit sind also insbesondere Projekte mit Straße-Schiene-Konkurrenz *explizit* in die Bewertung einbezogen.

Für die Bewertung dieser Interdependenzen verschiedener Projekte der Verkehrsinfrastruktur ist insbesondere das *Differenz-Nutzen-Kosten-Verhältnis* (Differenz-NKV) relevant: „Ausgehend von der Einzelmaßnahme mit dem besten NKV wird geprüft, welchen zusätzlichen Nutzen die Aufnahme eines weiteren Projektes in das Netz liefert und welche zusätzlichen Kosten dadurch entstehen. Auf der Basis dieser Bewertungsergebnisse ist es möglich, eine Aussage dahingehend zu treffen, ob nur einzelne Maßnahmen oder das gesamte Maßnahmenbündel in eine Bedarfskategorie eingestuft werden.“ (BMVBW 2000, S. 67) – Unter Umweltgesichtspunkten bleibt daran freilich (zumindest nach den vorliegenden Informationen) defizitär, dass bei alternativ möglichen Bündeln von Projekten bei entsprechendem (neutralem) NKV keine ausdrückliche Bewertung zugunsten des umweltfreundlicheren Verkehrsträgers, also insbesondere der Schiene gegenüber der Straße, bereits seitens des rechnerischen Bewertungsverfahrens vorgenommen wird.

Weiterhin ist vorgesehen, den durch die geplanten Maßnahmen *induzierten Verkehr* zu erfassen und in seinen Wirkungen und Folgen zu bewerten. Tendenziell wird sich die Berücksichtigung der induzierten Verkehre für die Bewertung der jeweiligen Infrastrukturprojekte nutzenmindernd auswirken. Das Konzept der Konsumentenrente liegt der Nutzenermittlung zu Grunde. (Vgl. u.a. Cerwenka, 1999.) Es wird in der Überarbeitung des BVWP auf die Wirkungen des induzierten Personenverkehrs für den Verkehrsträger Straße angewendet, während der induzierte Verkehr anderer Verkehrsträger als Quantité *negligeable* angesehen wird.

Da es angesichts der verschiedenen Modelle zur Bewertung des induzierten Straßen-Personenverkehrs, die in der wissenschaftlichen Diskussion sind, in Wissenschaft oder Politik noch zu keiner Einigung auf ein bestimmtes, überzeugendes Modell kam, wurde für die Überarbeitung der BVWP im derzeitigen Stadium pragmatisch vorgegangen (Gehring, 2000a): Beruhend auf einer Studie des Technologie-Zentrums Steinbeis System-Analyse, Stuttgart, wurde eine *vereinfachte Bewertung mit standardisierten Maßzahlen* entwickelt und in die Methodik der BVWP modifiziert eingearbeitet.

Als Ergänzung der Erhebung der räumlichen Wirkungen in der NKA wird außerhalb des rechnerischen Verfahrens der BVWP eine *Raumwirksamkeitsanalyse* eingeführt, durch welche die raumordnerische Komponente „zu einer eigenständigen Bewertungskomponente mit nachvollziehbaren Zielen und Kriterien“ weiterentwickelt werden soll. (BMVBW 2000, S. 65f.) Bei dieser Analyse sind entlastende Effekte für die Umwelt insbesondere durch die *Entlastungs- und Verlagerungsziele* zu erwarten: „Entlastung verkehrlich hoch belasteter Räume und Korridore; Verbesserung der Voraussetzungen zur Verlagerung von Verkehr auf umweltverträglichere Verkehrsträger wie Schiene und Wasserstraße.“ – Insbesondere Neu- und Ausbaumaßnahmen der Verkehrsträger Schiene und Wasserstraße sollen auf ihre mögliche Entlastungs- und Verlagerungskapazitäten hin überprüft werden.

*Umwelteffekte des Verkehrs*, die sich aus erwogenen Maßnahmen der verkehrlichen Infrastruktur ergeben, werden auch nach der Modernisierung der Bewertungsmethodik durch eine Mehrzahl von Nutzen-Komponenten und den zugehörigen Kriterien erfasst, wie sie darüber

hinaus auch Bestandteil der nicht-monetären Beurteilung der BVWP darstellen. Die folgenden Komponenten werden Bestandteile der überarbeiteten NKA sein:

„*Nutzen aus der Verbesserung der Lärmsituation*“: Das Kriterium (NU<sub>1</sub>) wurde verbessert durch einen Zahlungsbereitschaftsansatz nach (Weinberger, 1991). Die zur Berechnung der Lärmsituation (zur Abschätzung der Anzahl Betroffener unter Berücksichtigung der Intensität der Betroffenheit) verwendeten Stadtmodell-Bausteine wurden neu konzipiert und gehen neu in die Lärmerfassung und -bewertung ein; sie entsprechen der geltenden Baunutzungsverordnung. Außer der Ermittlung von Lärmbeeinträchtigungen werden auch die Trennwirkungen über diese Abbildung von Stadtstrukturen erfasst. Wesentliches Ergebnis der Überarbeitung besteht auch in der Berücksichtigung der Lärmbeeinträchtigung durch Verkehr in außerörtlichen Bereichen. Die Zielpegelüberschreitungen werden über einen Vermeidungskosten-Ansatz (Kosten von fiktiven Lärmschutzmaßnahmen) monetarisiert.

Modifiziert wird der Aspekt „*Natur und Landschaft*“. Aufgrund der im Voraus vorgenommenen Berechnung der Kosten für den erforderlichen Flächenkauf, der Erstinstandsetzung der Flächen und der Pflegemaßnahmen sowie der monetarisierten Funktionsverluste während der Regenerationszeit gelingt es, die Kompensationskosten für in Anspruch genommene Natur und Landschaft besser abzuschätzen, als dies nach dem bisher angewandten, nur grob pauschalierenden Ansatz der Fall war. Die besonderen Bedingungen des Einzelfalles können nun ebenfalls besser berücksichtigt werden.

Eine verbesserte *Umwelt-Risiko-Einschätzung* gibt es in der BVWP außerhalb des eigentlichen Verfahrens, und zwar im Falle von Neu- und Ausbaumaßnahmen von Straße und Schiene, bei denen mit einer besonderen Häufung von naturschutzfachlichen Problemen zu rechnen ist (unabhängig von der Projektlänge). Die Auswahl bei den Bundeswasserstraßen erfolgt einzelfallbezogen. Die Ergebnisse dieser ökologischen Einschätzung gehen nach dem bisherigen Verfahren in qualitativer Form in die Projektbewertung ein, beeinflussen also unter Umständen den Einstufungsvorschlag, damit möglicherweise auch die politische Abwägung und Entscheidung. Diese umweltfachliche Beurteilung bleibt somit zunächst auf die Einzelvorhaben beschränkt. Da die Projekt-URE außerdem ‚nur‘ qualitative Bewertungen darstellen, können durch sie die Kosten für allfällige Ausgleich- und Ersatzmaßnahmen für negative Umweltwirkungen nicht berechnet werden.

Das sollte sich in der Modernisierung der Methodik ändern, indem jetzt eine *Netz-Umwelt-Risiko-Analyse* ergänzend hinzukommen sollte. Es wird weiterhin keine Monetarisierung der Umwelt-Risiken vorgenommen, ihre Einschätzung bleibt Bestandteil der nicht-monetären Beurteilungsverfahren. Das genauere methodische Vorgehen der Berücksichtigung des gesamten Netzes bleibt zwar mit den gegenwärtig vorliegenden Berichten noch nicht erkennbar, jedoch sind im Verkehrsbericht 2000 (S. 65) die folgenden Hauptergebnisse der Überarbeitung festgehalten:

- „die methodisch vergleichbare Anwendung für alle Verkehrsträger,
- die verbesserte Berücksichtigung von Kulturlandschaften, von unzerschnittenen verkehrsarmen Räumen und von hochempfindlichen Gebieten,
- die frühzeitige und angemessene Berücksichtigung möglicher Konflikte mit dem europäischen Naturschutz (FFH- und Vogelschutzgebiete),
- die Einbeziehung von Erweiterungsmaßnahmen sowie

- die Berücksichtigung kumulativer Effekte von räumlich benachbarten Maßnahmen.“

Im Ablauf des BVWP-Verfahrens sind grundsätzlich drei Bearbeitungsebenen zu unterscheiden:

- *Ebene 3* der Planung des gesamten *Fernverkehrsnetzes*
- *Ebene 2* der Projektzusammenfassungen zu alternativ möglichen *Maßnahmenbündeln*
- *Ebene 1 einzelner Projekte* der Verkehrsinfrastruktur.

Als eine wesentliche methodische Verbesserung im Zuge der Überarbeitung des BVWP-Strukturablaufs wurde vorgeschlagen, dass eine *Rückkopplung* von dem Ergebnis der *gesamtwirtschaftlichen Bewertung* auf die *Verkehrsprognose* vorgenommen werden sollte. Damit wäre dann auch eine Rückkopplung von der *Netzebene* der Planung auf die Ebene der einzelnen *Projekte* verbunden, also eine Rückkopplung von der *Ebene 3* zu der *Ebene 1*. Eine derartige Rückkopplung: eine methodische Verknüpfung der Planungsebenen *Projekte – Programme (Bündel von Projekten) – Gesamtnetz*, ist in die Methodik der BVWP aber noch *nicht systematisch* eingebunden. Eine im eigentlichen Sinne systematische Rückkopplung von *Ebene 3* auf *Ebene 1* war zwar im Frühjahr 2000 Stand der Überarbeitung der BVWP-Methodik (Gehring, 2000a), findet sich im Verkehrsbericht 2000 jedoch nicht mehr. Ein zusätzlicher „Integrationsschritt“ im Sinne einer Rückkopplung von der gesamtwirtschaftlichen Bewertung auf die Prognose, wie in dem *Schema* dargestellt (Abb. 46), wird nur unter ausgewählten Gesichtspunkten vorgenommen: Gegebenenfalls wird „im Anschluss an einen ersten Bewertungslauf auf der Grundlage des zur Verfügung stehenden Investitionsvolumens das sich daraus ergebende Verkehrsangebot (Bündel von für vordringlich gehaltenen Infrastrukturmaßnahmen) mit den Verkehrsprognosen“ rückgekoppelt. „Dadurch wird es unter anderem möglich, den Beitrag vordringlicher Schienenprojekte zur Ausschöpfung des Marktpotenzials der Schiene zu beurteilen.“ (BMVBW 2000, S. 68)

Wie anhand dieser fehlenden systematischen Rückkopplung von Projektplanung zur Netzebene exemplarisch erläutert, bleibt bezüglich zentraler, die Umweltwirkungen des Verkehrs berührender Punkte auch das (gemäß Verkehrsbericht 2000) modernisierte Verfahren der BVWP im Hinblick auf seine Methodik defizitär, außerdem erweist sich nach wie vor der formale Entscheidungsablauf (u.a. durch unklare Gewichtung jeweils von Gesichtspunkten des Verkehrs oder aber der Finanzierung) in mehrfacher Hinsicht als intransparent.

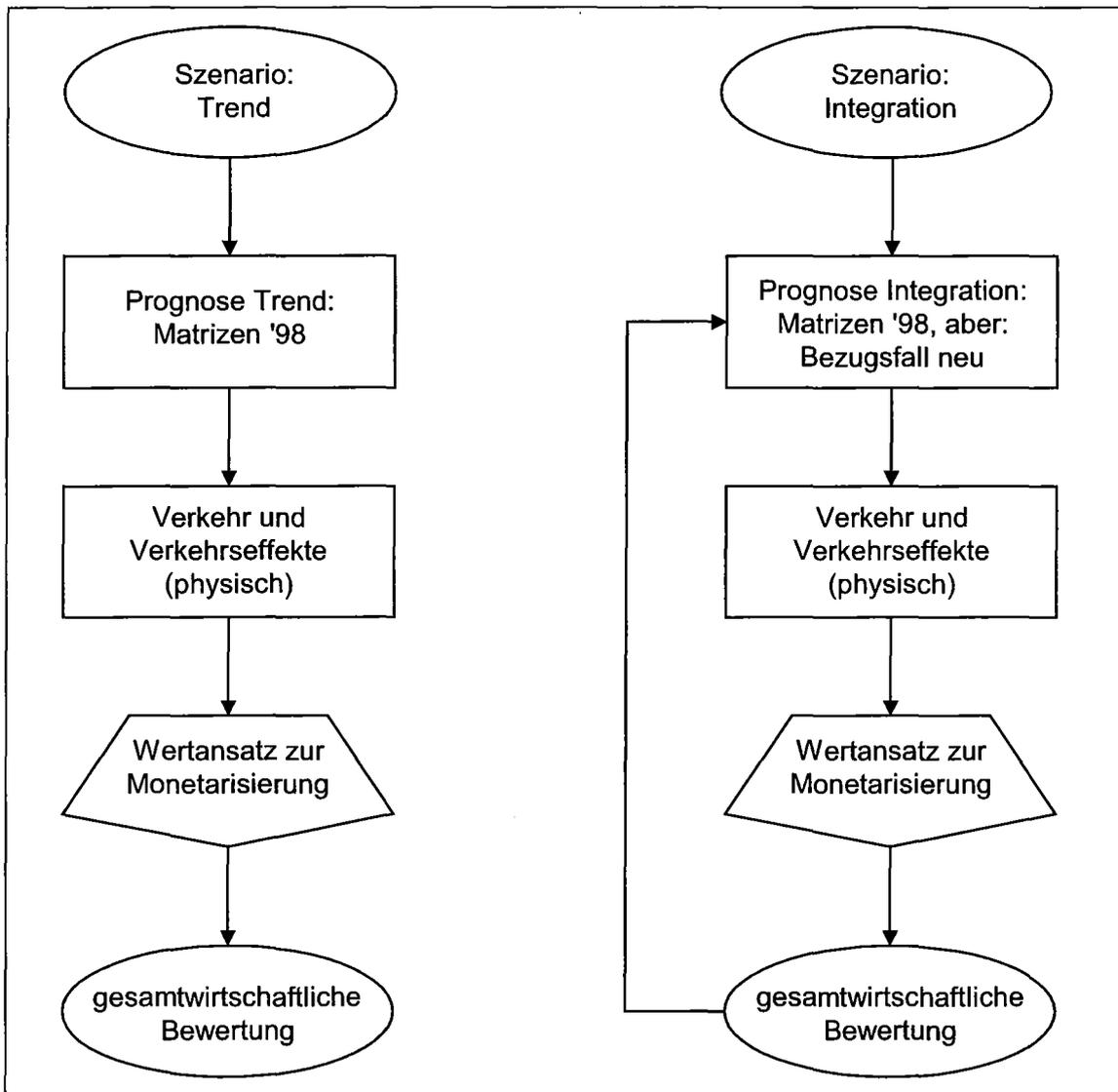


Abb. 46: Zur Ablauf-Grobstruktur der BVWP – modernisiert (nicht realisierte Rückkopplung)

### 8.1.3 Verbesserungsvorschläge zur BVWP – UBA 1999

In der vom Umweltbundesamt in Auftrag gegebenen Studie „Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung“ (UBA 1999b; im kurzen Überblick dargestellt in: Gühneemann; Rothengatter, 2000) wird eine Vielzahl von neuen Inhalten, Kriterien und Verfahrensweisen für die Projekt-, Szenarien- und Programmbewertung vorgeschlagen, die sich sowohl auf die Methodik als auch auf das Verfahren von verkehrlicher und administrativer Planung und der politischen Entscheidung beziehen.

Das Hauptziel der Bewertung bleibt identisch mit dem der seitherigen BVWP, nämlich den größtmöglichen gesamtwirtschaftlichen Nutzen mit den zur Verfügung stehenden Finanzmitteln zu erzielen. Das vorgeschlagene Verfahren aktualisiert die Bewertungsansätze und ergänzt das bisherige durch ein umfassenderes Einbeziehen der vom Verkehr erzeugten Umweltwirkungen. Die Bewertung wird ebenfalls im Zuge einer Kosten-Nutzen-Analyse in monetarisierter Form durchgeführt. Dabei finden sowohl direkte Bewertungsansätze wie Scha-

denkosten-Berechnungen Verwendung, es werden jedoch auch indirekte Methoden wie Vermeidungs- oder Kompensationskosten einbezogen und einige Umweltwirkungen über Zahlungsbereitschaften ermittelt.

Das entwickelte Verfahren weist grundlegende Neuerungen gegenüber bisheriger BVWP auf: Als Rahmenbedingungen des betreffenden Planungs- und Entscheidungsverfahrens über die Maßnahmen der Verkehrsinfrastruktur setzt es verbindliche *Umweltqualitäts- und -handlungsziele* voraus. Das im Planungsverfahren zu untersuchende Verkehrsinfrastrukturangebot wird in umfassenden Szenarien derart eingebunden, dass die gesetzten Umweltgrenzwerte nicht überschritten werden. Diese Szenarien umfassen sowohl administrative als auch verkehrspolitische Maßnahmen. Sollte in einer bestimmten Phase des Planungsprozesses ein erwogenes Infrastrukturkonzept die Grenzwerte jedoch überschreiten, so wird es mit weiteren Maßnahmen flankiert – falls die übrigen nicht ausreichen, bis hin beispielsweise zu Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Nachtfahrverboten für den Schwerlastverkehr –, bis das Gesamtszenario doch zielverträglich wird. Erst der zielverträgliche Gesamtplan wird dann monetär bewertet, wobei die Erhöhung der Nutzerkosten, die aus den flankierenden Maßnahmen resultiert, explizit in die monetarisierte Berechnung eingeht.

Eine weitere wesentliche methodische Neuerung des vorgeschlagenen Verfahrens besteht darin, dass eben diese Kosten, die zur Einhaltung der Umwelt-Handlungsziele aufgewendet werden müssen, als so genannte *Opportunitätskosten oder Schattenpreise* in das Verfahren eingehen. Bei Einbezug der (auf das Netz bezogenen) Opportunitätskosten in die Bewertung der Einzelprojekte sowie bei Umsetzung der flankierenden Maßnahmen ist es nicht nur möglich, die in der Planung vorgesehene Verkehrsinfrastruktur *umweltzielverträglich*, sondern darüber hinaus das Fernverkehrsszenario *kosteneffizient* zu gestalten.

Die Autoren der Studie leisten damit einen konstruktiven Beitrag zur Diskussion über die Möglichkeiten bzw. Methodik der Monetarisierung von Umweltwirkungen des Verkehrs, indem sie aufzeigen, wie das *grundlegende Dilemma* zwischen *Monetarisierung* von Umweltschäden und *Umweltpolitik* aufgehoben werden kann (UBA 1999b, S. 378), das in Folgendem besteht: Die *Politiker* erwarten von den Ökonomen die Bewertungsansätze, nach deren Gewichtungen die Umwelt- bzw. Verkehrspolitik auszurichten sei. Andererseits möchten die *Ökonomen* von den Politikern die Prioritäten bezüglich der zu schützenden Umweltgüter vorgegeben haben, um danach erst die Bewertung in Geldeinheiten vorzunehmen. – Der Dilemma-Situation, als gravierendem Mangel bisheriger BVWP, wird mit der Studie abgeholfen; denn in dem Verfahren wird die Monetarisierung von verkehrsbedingten Umweltschäden „mit Hilfe des Opportunitätskostenansatzes“ mit den „Standardfestlegungen für Umweltqualitätsziele“ in eine *systematische „Verbindung“* gebracht. Dies gelingt mit der Ausarbeitung *zweier Vorschläge* zur Bewertungsmethode und zum Planungsverfahren:

- Zum einen werden wie erwähnt „*Opportunitätskosten und zusammengesetzte Bewertungsfunktionen*“ von bzw. für Umweltbeeinträchtigungen mit Hilfe von *Umweltqualitäts- und -handlungszielen* abgeleitet. Die Ziele sind *zuvor* – logisch und pragmatisch unabhängig – im Zuge des politischen Entscheidungsverfahrens festzulegen (Backcasting-Ansatz).
- Zum anderen wird – verfahrensmäßig wie auch methodisch mit dem ersten Vorschlag in engem Zusammenhang stehend – ein *Verfahren* „zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte“ entwickelt.

Diese Konzepte bedeuten einen neuen und wesentlichen Beitrag auch zur allgemeinen Diskussion um die Monetarisierung von Umweltwirkungen des Verkehrs, d.h. auch der Diskussion um die Internalisierung von Umweltkosten, indem zwei methodische Elemente eingebracht werden:

Durch die vorgängige Festsetzung von Umweltzielen werden *Grenzen* gesetzt, die dann – innerhalb des Bewertungs- und Entscheidungsverfahrens – ‚*nicht mehr verhandelbar*‘ sind. Einzelprojekte oder zu Szenarien bzw. zu Programmen gebündelte Projekte und Maßnahmen, deren Umweltwirkungen die Grenzwerte überschreiten würden, werden als „ungültige“ qualifiziert; sie sind im weiteren Verfahren derart zu modifizieren, dass sie bei neuer Bewertung doch zu „gültigen“ werden. Als Modifikationen kommen beispielsweise in Betracht: technische Verbesserungen zum verminderten Energieverbrauch, solche zur Reduktion des Schadstoffausstoßes (Katalysatoren), günstige Umwelteffekte von Planungsalternativen oder -varianten oder etwa alternative Verkehrsangebote. Falls dadurch bei ansonsten wünschenswerten Vorhaben die gesetzten Umweltziele nicht eingehalten werden können, wären „notfalls“ die entsprechenden Verkehre mit restriktiven Maßnahmen solange oder soweit einzuschränken, bis die Grenzwerte erreicht werden. – Auf diese Weise wird der Mangel vieler bisheriger Konzepte zur Monetarisierung von Umweltwirkungen behoben, der darin besteht, dass verkehrsbedingte Umweltschäden zwar kostenmäßig irgendwie berücksichtigt werden, aber letztlich doch kaum zu bremsen sind. Denn auch sehr gravierende oder sogar irreversible Umweltschäden werden als Kosten rechnerisch wieder neutralisiert, wenn nur der Wirtschaftsnutzen aus den verursachenden Verkehren hoch genug angesetzt wird.

Der andere Mangel vieler Monetarisierungsansätze von Umweltwirkungen liegt – aus methodologischer Sicht – in der grundsätzlichen Willkürlichkeit bei der Festsetzung von Bewertungsmaßstäben für Umweltschäden sowie in der Höhe, in der für spätere Zeitpunkte zu erwartende Umweltschäden diskontiert werden. Hier bietet die UBA-Studie einen weiteren wichtigen Beitrag zur Diskussion der Monetarisierung wie auch der Internalisierung bislang externer Umweltkosten. Die *Berechnung von Opportunitätskosten* der Aufwendungen für die verstärkte Umweltschonung setzt gerade an dem durch das Umweltziel definierten *Grenzwert* an. Es handelt sich somit um eine Marginalwertbestimmung, in welche einerseits die *politische Entscheidung* eingeht – durch vorgängiges Festsetzen des Grenzwertes –, andererseits der jeweilige *Stand der Technik* (zur Schadstoffausstoß-Verminderung). Somit werden weder Naturwissenschaft und Technik überfordert – ihre Prognosemodelle zur Berechnung von Schadenseffekten bleiben reversibel – noch die Ökonomik, deren Wertansätze hängen nach der politischen Vorgabe der Umwelthandlungsziele nicht mehr sozusagen in der Luft.

Im Zuge des in der Studie vorgeschlagenen gesamtwirtschaftlichen Bewertungsverfahrens werden die *Umweltwirkungen* des Verkehrs *weitestgehend monetarisiert*. Dazu werden die einbezogenen Wirkungsarten mehrfach erweitert und die Erfassungs- und Bewertungsmethoden vielfach wissenschaftlich aktualisiert und verfeinert (vgl. den Überblick in Tab. 17-1 in UBA 1999, S. 375 f). – Die *ökonomischen Ziele* entsprechen denen der Bundesverkehrswegeplanung, indem ebenfalls die Kosten der Beförderung, der Erreichbarkeit von Zielen, von Unfällen und die Infrastrukturkosten die Kriterien der Wirtschaftlichkeit bilden. Neben der Charakterisierung des grundlegenden Ansatzes können hier nur noch einige ausgewählte Merkmale der Methodik und Verfahrensweise angesprochen werden.

In dem neu entwickelten Verfahren werden grundsätzlich *alle Projekte*, Szenarien und Programme von Verkehrsmaßnahmen erfasst, nach Umweltwirkungen bewertet, mit anderen verglichen und gegebenenfalls modifiziert, damit sie den Umweltzielen dann doch entsprechen. Dieses Verfahren hilft damit dem entsprechenden schwerwiegenden Mangel der Teilrationalität und der mangelnden diesbezüglichen Transparenz des derzeitigen BVWP-Verfahrens ab.

In das Planungsverfahren sind die Entstehung von primärem und sekundärem *induziertem Neuverkehr* integriert, indem ein entsprechendes „Verkehrserzeugungsmodell“ in die Verkehrsprognose eingefügt wurde.

Ferner findet eine Berücksichtigung auch von Unsicherheiten in der Berechnung von Umweltschäden, vor allem von *Langfristrisiken* statt. Denn solange die Folgen verkehrsbedingter Schadstoffemissionen zwar insbesondere externe Kosten verursachen, aber in den Entscheidungen über Verkehrsprojekte unberücksichtigt bleiben, wird das Ziel einer „gesamtwirtschaftlichen“ Bewertung verfehlt. Gerade die Berechnungen von Kumulations- und Synergieeffekten von verkehrsbedingten Schadstoffen sind aus mehrfachen Gründen nur in Wahrscheinlichkeitsintervallen oder gar nur unter eigentlicher Unsicherheit möglich. Dies gilt zumal für längerfristige Wirkungen. Daher sind rechnerische und bewertende Verfahren einbezogen, welche auch diese Art von Verkehrseffekten monetarisieren und damit gesamtwirtschaftlicher Bewertung zugänglich machen. In der Studie wird dazu vorgeschlagen, die Differenz zwischen Opportunitätskosten und direkt geschätzten Schadenskosten als Maß für die Höhe der Langfristrisiken zu interpretieren. Unter Zuhilfenahme auch von direkten Kostenschätzungen orientiert man sich dazu insbesondere auch der „safe-minimum standards“ (S. 184).

In der Methodik dieser Studie werden *Umweltwirkungen* in das Verfahren der Bewertung und Entscheidung ‚von Anfang an‘ berücksichtigt. So lassen sich Unverträglichkeiten erwogener Projekte und Szenarien mit umweltbezogenen Zielen schon in einem frühen Planungsstadium identifizieren und die Planungen können noch in geeigneter Weise modifiziert oder Ergänzungs- bzw. Ausgleichsmaßnahmen in die Bewertung einbezogen werden (Kompensation – Prinzip der ‚weak sustainability‘). Außerdem werden bezüglich der Beeinträchtigung von *Natur und Landschaft* gegebenenfalls bestimmte „Ausschlussräume“ identifiziert, deren Durchschneidung in der entsprechenden Planungs- und Entscheidungsperiode nicht verhandelbar ist (Prinzip der ‚strong sustainability‘; vgl. S. 161). Verfeinerte Erfassungs- und Berechnungsverfahren werden insbesondere für die monetäre Bewertung des *Verkehrslärms* außerhalb von Wohnungen vorgeschlagen. Zur Bewertung der durch den Verkehr verursachten *Luftschadstoffe und Klimagase* sei auf den weiter unten folgenden Abschnitt (8.2.3) verwiesen.

Generell hat die Auswertung und Diskussion des neuen Ansatzes der UBA-Studie deutlich gemacht, dass das vorgeschlagene Verfahren eine *erheblich bessere Kopplung der verschiedenen Planungsebenen* – der Ebene des einzelnen Verkehrsinfrastruktur-Projektes und die Ebene der Gesamtplanung – leistet als die bisherigen Verfahren. Dabei geht die Verkehrsplanung sowohl *projektübergreifend* als auch *verkehrsträgerübergreifend* vor. Das heißt, es wird für die gesamtwirtschaftliche Bewertung der Projektfolgen grundsätzlich die *Ebene des gesamten Verkehrsnetzes* berücksichtigt. In der vorgeschlagenen Methodik werden die *Progno-*

sen systematisch auf das erwogene Infrastruktur-Programm zurückbezogen, wie auch in der folgenden schematischen Darstellung des Verfahrensablaufes erkennbar ist.

Die *Machbarkeit* der in der Studie vorgeschlagenen Methoden und Verfahren wurde auf der Datengrundlage der detaillierten Verkehrsaufkommensmatrizen aus dem Generalverkehrsplan Baden-Württemberg (IVT, IWW u.a., 1995) mit diesem Bundesland als „*Fallstudie*“ aufgezeigt.

Die von Infrastrukturprojekten des Fernverkehrs ausgehenden Umweltwirkungen sind möglichst umfassend zu ermitteln, damit ihre gesamtwirtschaftliche Bewertung eine sinnvolle Orientierung für die BVWP bieten kann. Ansonsten können ihre Umweltaspekte gegenüber konkurrierenden einzelwirtschaftlichen oder staatlichen Ansprüchen kaum angemessen berücksichtigt werden. Der besprochene Ansatz berücksichtigt eine Reihe wesentlicher Wirkungsbereiche des Verkehrs, die in bisheriger BVWP, auch der überarbeiteten, vernachlässigt wurden. Daher bildet bereits die *Vervollständigung der Erfassung* und Berechnung der Umwelteffekte, vor allem die *Erweiterungen ihrer Monetarisierung*, einen wesentlichen Ertrag der vom UBA in Auftrag gegebenen Studie „Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung“ (UBA 1999b) zur Weiterentwicklung des bisherigen wie auch des modernisierten Vorgehens in der BVWP.

Auch wird bei Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens die *explizite Einhaltung von Umweltgrenzwerten sichergestellt*, also insbesondere bei Planung und Umsetzung von Infrastrukturprogrammen. Dadurch ist ein Hauptziel unter Umweltaspekten erreicht, so, wie es etwa der SRU (vgl. ders., 1994) seit langem gefordert hat.

Der Ansatz bezieht sich auf die Ebene des Gesamtsystems, ohne die Verbindungen zur Ebene der Einzelprojekte in ihren jeweiligen Regionen aufzugeben – alle Einzelprojekte sind erfasst und werden in ihren Beiträgen und Auswirkungen voll berücksichtigt: Damit wird das Ziel einer *systematischen Verbindung von Planungs- und Projektebene*, das ebenfalls von verschiedenen wissenschaftlichen Beratungseinrichtungen eingefordert wird, zumindest teilweise erreicht (SRU 1996). Grundsätzlich ist damit die *Chance einer Gesamtoptimierung* gegeben. Andererseits entsteht anwendungspraktisch sowie methodisch und theoretisch das Problem, wie eine gewisse ‚*Überladenheit*‘ des Instrumentariums zur Aufstellung der „umweltorientierten Fernverkehrskonzepte“ vermieden werden kann. Speziell für die *Anwendung auf Ballungsräume* könnten die Hauptcharakteristika des Ansatzes geeignet sein; denn auf regionaler Ebene bleiben die Planungs- und Entscheidungsalternativen noch am ehesten überschaubar.

Gegenwärtig fehlt noch die politische und juristische Grundlage zur Realisierung des Verfahrens, die vorgängig im Bereich der Politik festzulegenden *Umwelt-Handlungsziele*. Auch wenn die gegenwärtige Fassung der BVWP diesbezüglich noch strikt ablehnend bleibt (vgl. o., 8.1.2), sollten Standardfestlegungen durch die Politik doch nicht vorschnell als unrealistisch abgetan werden. Bei einigen Zielfeldern scheint die Standardakzeptanz schon relativ weit fortgeschritten (vgl. „Natur und Landschaft“, UBA 1999, S. 85ff). Außerdem werden in anderen, nicht direkt die BVWP betreffenden Gesetzen und Verordnungen vergleichbare Grenzwerte und Standards bereits vielfach praktiziert, man denke an die Vorgaben der 23. BImSchV für den Immissionsschutz. Entsprechende Grenzwerte ließen sich auch für die BVWP politisch verbindlich festsetzen und der Planung vorgeben.

Die *Transparenz* des Verfahrens bezüglich der *Planung* und der politischen *Entscheidung* bleibt allerdings zu diskutieren: Die charakterisierte methodische Vorgehensweise löst sich sozusagen in die Anwendung eines planerisch-ingenieurmäßigen Verfahrens auf, das als solches jedoch weitgehend undurchschaubar bleibt, so dass die Entscheidungen der Politik eher wieder entwunden werden. Gerade bezüglich der genannten besonderen Komplexität der Methodik ist somit darauf hinzuweisen, dass der Verfahrensansatz bezüglich des politischen Entscheidungsprozesses von *mangelnder Transparenz* ist (vgl. Fulda, in Vorb.).

Als Ergebnis der Diskussion zum Entscheidungsverfahren kann gelten, dass für die weitere Entwicklung der BVWP auch Verfahrens-Alternativen erforderlich sind, die ein Mindestmaß an Informationen über die Entscheidungsvorbereitung gewähren sowie gewisse partizipative Elemente enthalten. Damit die Beteiligung auch der Betroffenen ermöglicht wird, sind im Bewertungsverfahren neben die Gegenüberstellung von Nutzen und Kosten von Projekten der Verkehrsinfrastruktur auch Methoden der *multikriteriellen Beurteilung* zu verwenden und etwa in einem *iterativen Verfahren* auch die Möglichkeit einzuräumen, über Alternativ-Projekte bzw. über Projekt-Varianten zu entscheiden (vgl. Beckmann, 1999; 2000).

Derartige Elemente des Planungs- und Entscheidungsprozesses ließen sich verfahrensmäßig und methodisch durchaus mit dem Ansatz des UBA kombinieren. Die Ergebnisse der Berechnungs- und Bewertungsverfahren wären dazu in geeigneter, aufbereiteter Form und in den entsprechenden Phasen in den Informationsprozess für die an der Entscheidung Beteiligten einzuspeisen.

Auch Ansätze zu einer „*situativen Bewertung*“, wie sie von Nehring und Steierwald in die Diskussion gebracht wurden, sind durch die Vorschläge des UBA nicht von vorne herein überflüssig gemacht (vgl. Nehring; Steierwald, 2000a; 2000b) und bleiben daher in der Diskussion über die weitere Entwicklung der BVWP weiter zu behandeln, gerade im Hinblick auf Bemühungen um eine unter Umweltgesichtspunkten nachhaltige Entwicklung des Verkehrs.

Als *Fazit* kann der neue Ansatz des UBA (1999) zur Bundesverkehrswegeplanung trotz der umstrittenen monetarisierten Form der Bewertung der Verkehrsinfrastruktur unter Umweltgesichtspunkten als doch problemangemessen angesehen werden. Offen bleibt allerdings noch die Frage, ob das neue Verfahren auch die Transparenz erhöht und damit eine bessere Grundlage für die Beteiligung der betroffenen Bevölkerung eröffnet.

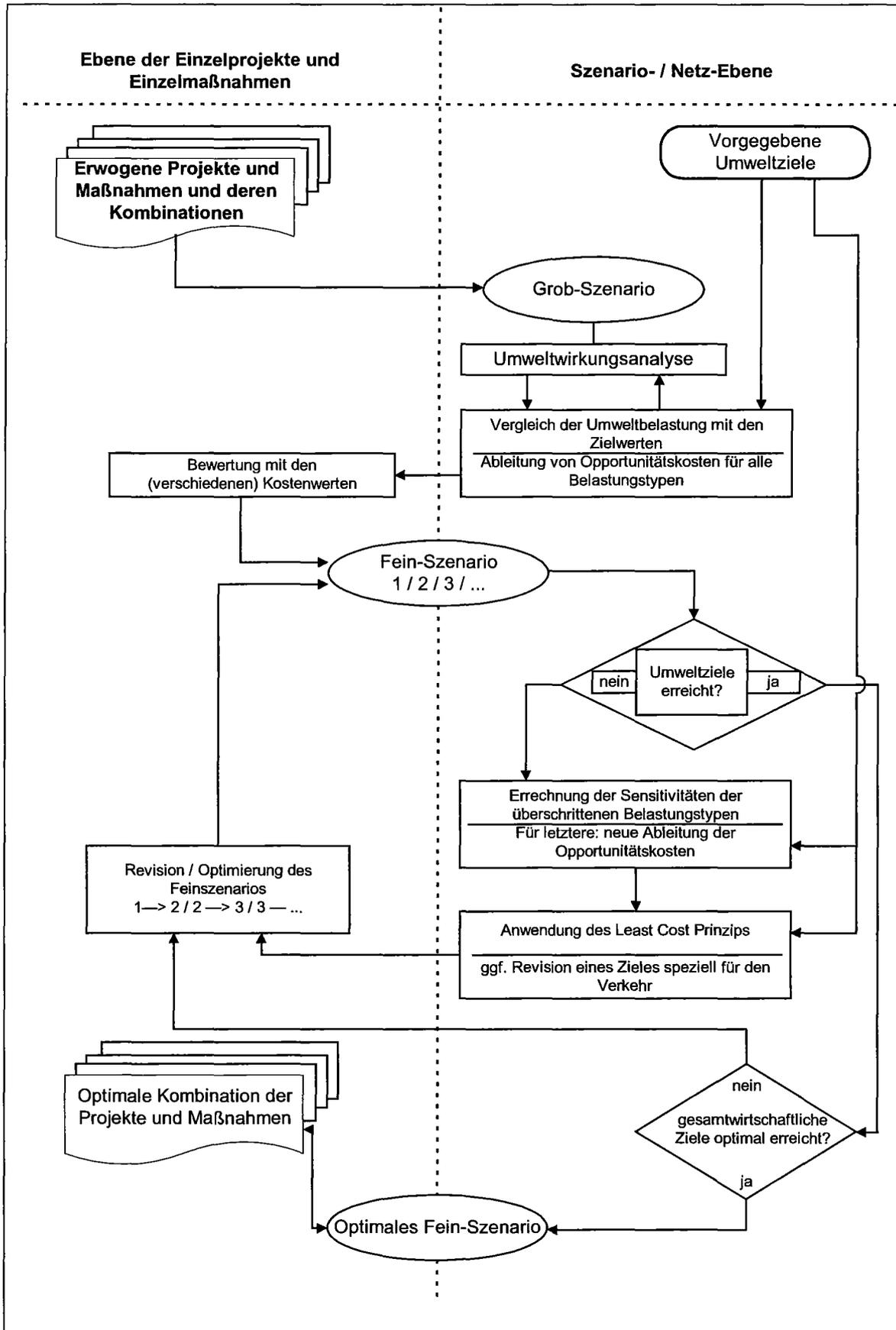


Abb. 47: Verfahrensablauf zur Bewertung von Szenarien des Fernverkehrs nach UBA 1999

## 8.2 Wertansatz und Gesamtbewertung am Beispiel Luftschadstoffe und Klimagase

### 8.2.1 BVWP '92

Bezüglich der „Entlastung der Umwelt“ bildet in der BVWP '92 der Saldo (von Mit- und Ohne-Fall) der Abgasbelastung das Kriterium (NU<sub>2</sub>) zur Erfassung des 'Nutzens' eines Projektes der Verkehrsinfrastruktur (vgl. BMV 1993, S. 8, 47f). Wie generell bei der Erfassung der Umweltgrößen (zusammengefasst als NU), erfolgt die Bewertung, indem zunächst das *Mengengerüst* der Luftschadstoffe aufgestellt wird, auf welches sodann der *Wertansatz* Anwendung findet. Unter Zugrundelegung des Szenarios H plus der Verkehrsprojekte Deutsche Einheit als Bezugsfall werden die Energie- (Kraftstoff-) *Verbräuche* jeweils für den *Mit- und Ohne-Fall prognostiziert* und daraus anhand von *Emissionsfaktoren* die betrachteten Luftschadstoffe *mengenmäßig* festgestellt (vgl. ebd., S. 48, 160f). Erfasst werden dabei als Schadstoffe für die *Vegetation* wie *gleichermaßen* als Schadstoffe für die menschliche *Gesundheit* und als solche, die Schäden an *Gebäuden* verursachen: Kohlenmonoxid (CO), Kohlenwasserstoff (CH), Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Staub. Alle erfassten Luftschadstoffe werden dabei mit Hilfe von *Toxizitätsfaktoren* überführt in äquivalente Mengen von Kohlenmonoxid (*CO-Äquivalente* bezogen auf Tonnen von CO).

Der *Wertansatz* erfolgt dreigliedrig: *Vegetationsschäden* werden erfasst als entgangener Nutzen in Form von Gewinneinbußen bei agrarischen Nutzpflanzen, *Materialschäden* an *Bauten* (Wohngebäuden und Verkehrsbauwerken) und *Gesundheitsschäden* für Menschen durch „Ferntransport“ von Luftschadstoffen, d.h. einerseits insgesamt berechnet, und andererseits ebenfalls die *Materialschäden* an *Bauten* und die *Gesundheitsschäden* berechnet als *innerorts* erzeugte Emissionen, wo von einer deutlich höheren Exposition auszugehen ist. Zur Veranschaulichung der Erfassung und Bewertung wird in Abb. 48 das *Verfahrensschema* für die Erfassung und Bewertung von Luftschadstoffen nach der BVWP '92 dargestellt. Eingetragen sind dort auch die im Verfahren zu Grunde gelegten Wertansätze für die drei Bewertungsstränge: DM 3,50 pro Tonne CO-Äquivalent für Schäden an agrarischer Vegetation, DM 2,50 für Schäden an *Bauten* wie *gleichermaßen* für *Gesundheitsschäden* durch „Ferntransport“, d.h. durch die Gesamtemissionen, und DM 12 für Schäden an *Bauten* wie *gleichermaßen* für *Gesundheitsschäden* infolge hoher Exposition in *Ortschaften*, die als Anteil der Gesamtemissionen berechnet werden.

Die *kritische Diskussion* richtet sich zum einen darauf, dass *wesentliche Schadensbereiche überhaupt unberücksichtigt* bleiben; dies gilt insbesondere für *Klimagase* (d.h., der Beitrag des Verkehrsbereiches zum globalen Treibhauseffekt ist nicht einbezogen), aber auch für *krebserzeugende Luftschadstoffe*. Auch werden gesundheitliche Beeinträchtigungen sowie *Vegetationsschäden* durch *Sommersmog* vernachlässigt.

Selbst die in die Bewertung einbezogenen Bereiche sind, so wird weiterhin kritisch angemerkt, *unangemessen monetarisiert*, was sich sowohl auf alle drei Bewertungsstränge bezieht wie auch auf alle drei erfassten Bereiche: *Vegetation*, *Gesundheits-* und *Gebäudeschäden* (vgl. UBA 1999, S. 23ff).

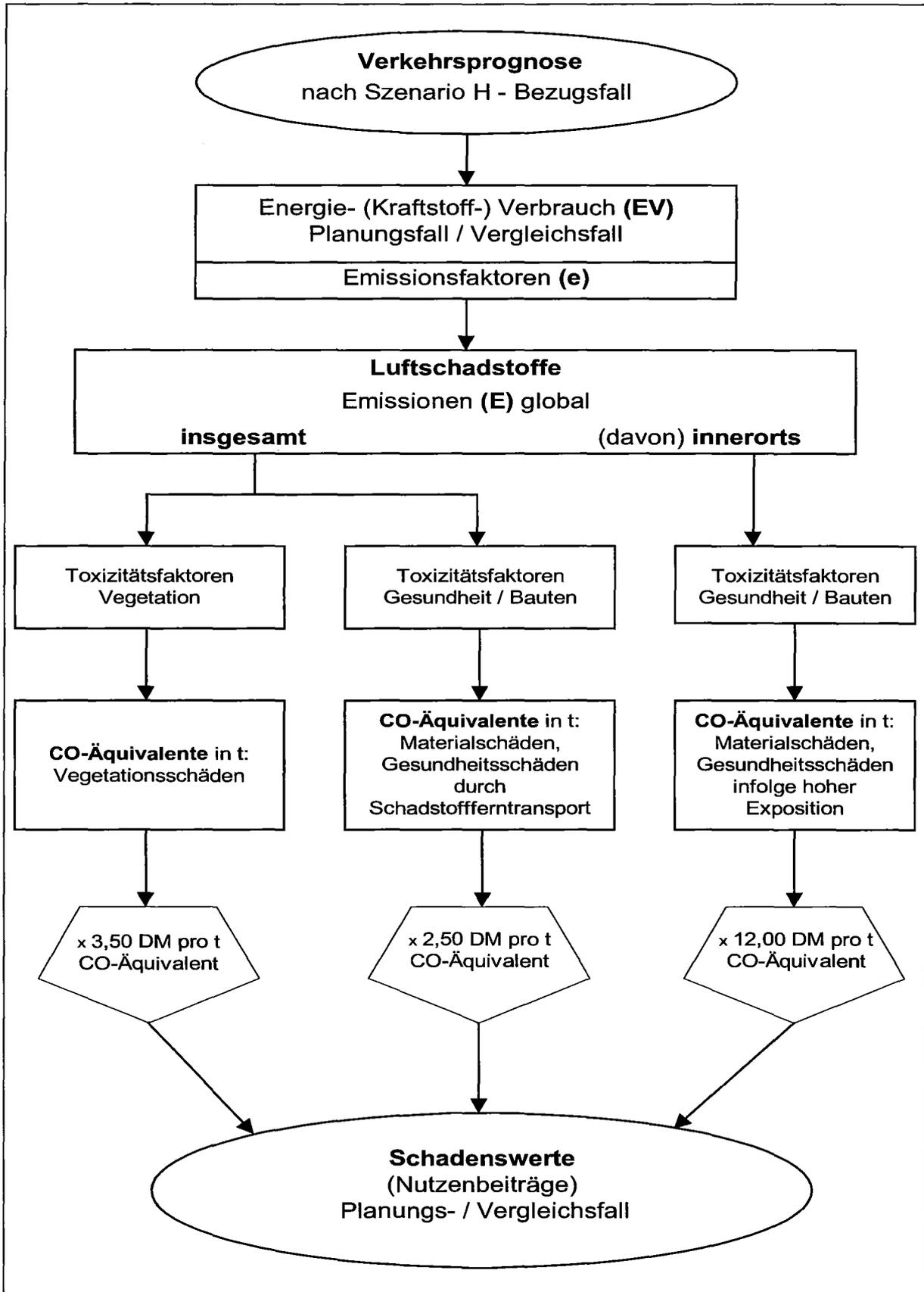


Abb. 48: Ablauf der Erfassung und Bewertung von Luftschadstoffen in der BVWP '92  
 (vgl. BMV 1993, S. 48)

An den verwendeten Verfahren der Erfassung und Berechnung wird vor allem kritisiert, dass darin die *Methode der CO-Äquivalente* verwendet wird. Wie insbesondere der Sachverständigenrat für Umweltfragen nachdrücklich betont hat, ist – als Ergebnis naturwissenschaftlicher Erkenntnis – die Toxizität der verkehrsbedingten Luftschadstoffe insbesondere für Menschen und Sachen deutlich unterschiedlich anzusetzen; die Unterstellung vergleichbarer Schädlichkeit also falsch (SRU 1994, Tz. 830, 535; vgl. auch Halbritter u.a., 1999, S. 56). – Die Ablösung der Methode der CO-Äquivalente zur Bewertung von Luftschadstoffen bildet demnach eine aus einer Mehrzahl von Gründen erhobene Forderung gegenüber dem seitherigen BVWP-Verfahren.

### 8.2.2 BVWP – modernisiert

Während das Grundschema der Erfassung und Bewertung von verkehrsbedingten Luftschadstoffen und Klimagasen in der modernisierten Fassung 2000 erhalten bleibt – zuerst Erfassung des *Mengengerüsts*, auf das dann der *Wertansatz* angewendet wird –, wurde das Nutzenkriterium (NU<sub>2</sub>): „Nutzen aus Verminderung der *Luftschadstoffe und Klimagase*“ in mehrfacher Hinsicht modifiziert; wesentliche Resultate sind in dem *Verfahrensschema* der Abb. 49 aufgeführt.

Der neue methodische Ansatz zur Erfassung und Bewertung von verkehrsbedingten Abgasen und Klimagasen ist zweigeteilt in *globale Emissionen* und *innerörtliche Immissionen*. Bei den letzteren werden nun insbesondere *kanzerogene Luftschadstoffe* in die Monetarisierung einbezogen. Durch die *explizite* Berücksichtigung der den Nutzen beeinträchtigenden *Schadstoffimmissionen* wird insbesondere der entsprechenden Forderung aus der Dreiundzwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten; 23. BImSchV) genüge getan.

In die Methodik eingeführt sind nun auch *Klimaschäden* auf der Basis der Leitgröße der *CO<sub>2</sub>-Emissionen*. Die Bewertung erfolgt über einen Vermeidungskostenansatz, bezogen auf jeweils eine emittierte Tonne CO<sub>2</sub>.

Mit der erkennbaren, deutlichen Erweiterung der berücksichtigten Schadensbereiche (Klimagase, krebserzeugende Schadstoffe) und der Aufteilung der zu beachtenden Effekte in globale Emissionen und innerörtliche Immissionen hat das Bewertungsverfahren der BVWP wesentliche Gesichtspunkte der kritischen Diskussion der vorangegangenen Jahre aufgegriffen und damit eine deutliche Verbesserung im Hinblick auf eine angemessene Bewertung dieser Umweltaspekte erfahren. – Die Diskussion über diesen Teil des Bewertungsverfahrens ist damit jedoch noch nicht abgeschlossen. Bezüglich der erfassten Wirkungsbereiche wird etwa darauf hingewiesen, dass der verkehrliche Anteil an der Erzeugung von *Sommersmog* *noch nicht* berücksichtigt wird. Die kritisierte Methode der CO-Äquivalente über entsprechende Toxizitätsfaktoren sind nun (parallel zu den EWS) ersetzt durch die analoge Methode der *NO<sub>x</sub>-Äquivalente*, die jedoch über die oben erwähnte naturwissenschaftliche Kritik der ersten – *mutatis mutandis* – nicht erhaben ist.

### 8.2.3 Verbesserungsvorschläge zur BVWP – UBA 1999

In dem Ablaufschema (Abb. 50) des Verfahrensvorschlags des UBA ist zu erkennen, dass – hierin bereits weiter gehend als die modernisierte Fassung der BVWP – die Beeinträchtigungen durch *Sommersmog* in die Monetarisierung einbezogen sind. Das recht komplexe Erfassungs- und Berechnungsverfahren allein zu diesem Wirkungsbereich berücksichtigt sowohl Gesundheitsschäden durch *Sommersmog*-Episoden als auch Ertragseinbußen bei agrarischen Nutzpflanzen auf den Äckern; außerdem wird in Rechnung gestellt, dass die Tendenz zu *Sommersmog* durch die strenger werdenden EU-Abgasnormen für Verbrennungsmotoren von Kraftfahrzeugen in den kommenden Jahren abnehmen wird (vgl. UBA 1999, S. 54 f).

Insgesamt gesehen ist in der UBA-Studie (1999) zur Erfassung, Berechnung und monetären Bewertung der Luftschadstoffe und Klimagase ein umfassender alternativer Ansatz ausgearbeitet, in dem *Treibhausgase* mit der Leitsubstanz CO<sub>2</sub>, *Vegetationsschäden* verursachende sowie Beeinträchtigungen durch *Sommersmog* bewirkende Luftschadstoffe *global* erfasst sind, so dass wie weiter oben angesprochen auch *kumulative Wirkungen* von Verkehrsprojekten sowie *Synergieeffekte* einbezogen sind, die also die Grenzen von Projekten überschreiten oder überhaupt außerhalb liegen. Getrennt erhoben und mit ebenfalls jeweils unterschiedlichen Modellen berechnet werden die örtlichen Wirkungen verkehrsbedingter *Immissionen*, und zwar in Hinsicht auf *Krebserkrankungen*, *Erkrankungen der Atemwege* und von *Herz und Kreislauf* sowie Effekte auf *Gebäude*. Dabei gehen die Berechnungsansätze auch über die in EWS und in der Modernisierung 2000 der BVWP angewandte Methode der Erfassung mit NO<sub>x</sub>-Äquivalenten hinaus. Die Methode der CO-Äquivalente wird zur noch teilweisen Berechnung der Schäden an der Vegetation verwendet.

Das fünfgliedrige Berechnungs- und Bewertungsschema in Abb. 50 lässt die Gemeinsamkeiten mit der entsprechenden, modernisierten Methodik der BVWP (2000) erkennen, von deren Grundstruktur es sich insbesondere durch die zusätzliche Monetarisierung des *Sommersmogs* unterscheidet. – Dies sollte aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass das *Gesamtverfahren* zur Monetarisierung der Verkehrswirkungen nach UBA 1999 *grundlegend verschieden* ist (vgl. o., 8.1.3). In die „Schadenswerte bzw. Opportunitätskosten“, die das Ergebnis des Bewertungsprozesses darstellen, geht die *spezifische* Höhe der letzteren erst gemäß dem Ergebnis des *vorgängig* für die gesamte Netzebene durchgeführten Verfahrensdurchlaufs ein, und zwar nach Maßgabe der politisch verankerten *Umwelt-Handlungsziele* (vgl. o., Abb. 47). Bleibt ein Projekt oder ein „Feinszenario“ *innerhalb* der durch diese Ziele gesetzten Grenzen, so sind nur Schadenswerte im Spiel. Bei – für einen bestimmten Planungsbereich oder in einer Planungsphase möglichen – *Überschreiten* der Zielwerte ergeben sich die *Opportunitätskosten* als Gegenwert für den wirtschaftlichen Nutzen-Entgang, der dadurch entsteht, dass das Feinszenario soweit modifiziert wird, bis es bezüglich der Zielwerte „gültig“ wird. Zu dem Gesamtverfahren gehört außerdem, dass die Festlegung der Emissionsgrenzen des Verkehrs sowie die der resultierenden spezifischen Opportunitätskosten erst nach Durchführung eines Verfahrenslaufes nach dem *Least-cost-Prinzip* (vgl. wieder das Verfahrensschema o., Abb. 47) vorgenommen werden.

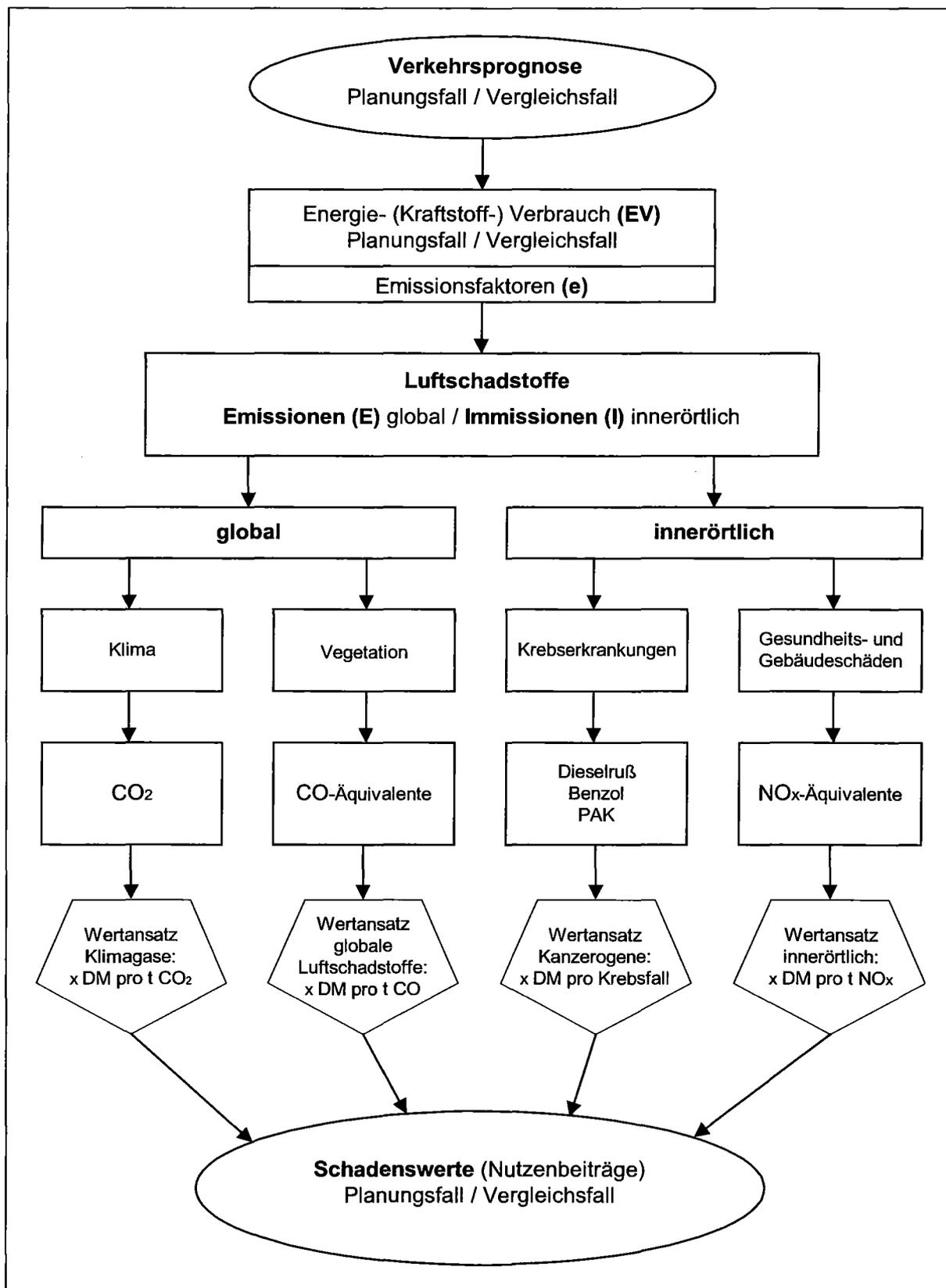


Abb. 49: Ablauf der Erfassung und Bewertung von Luftschadstoffen und Klimagasen in der  
 BVWP – modernisiert 2000

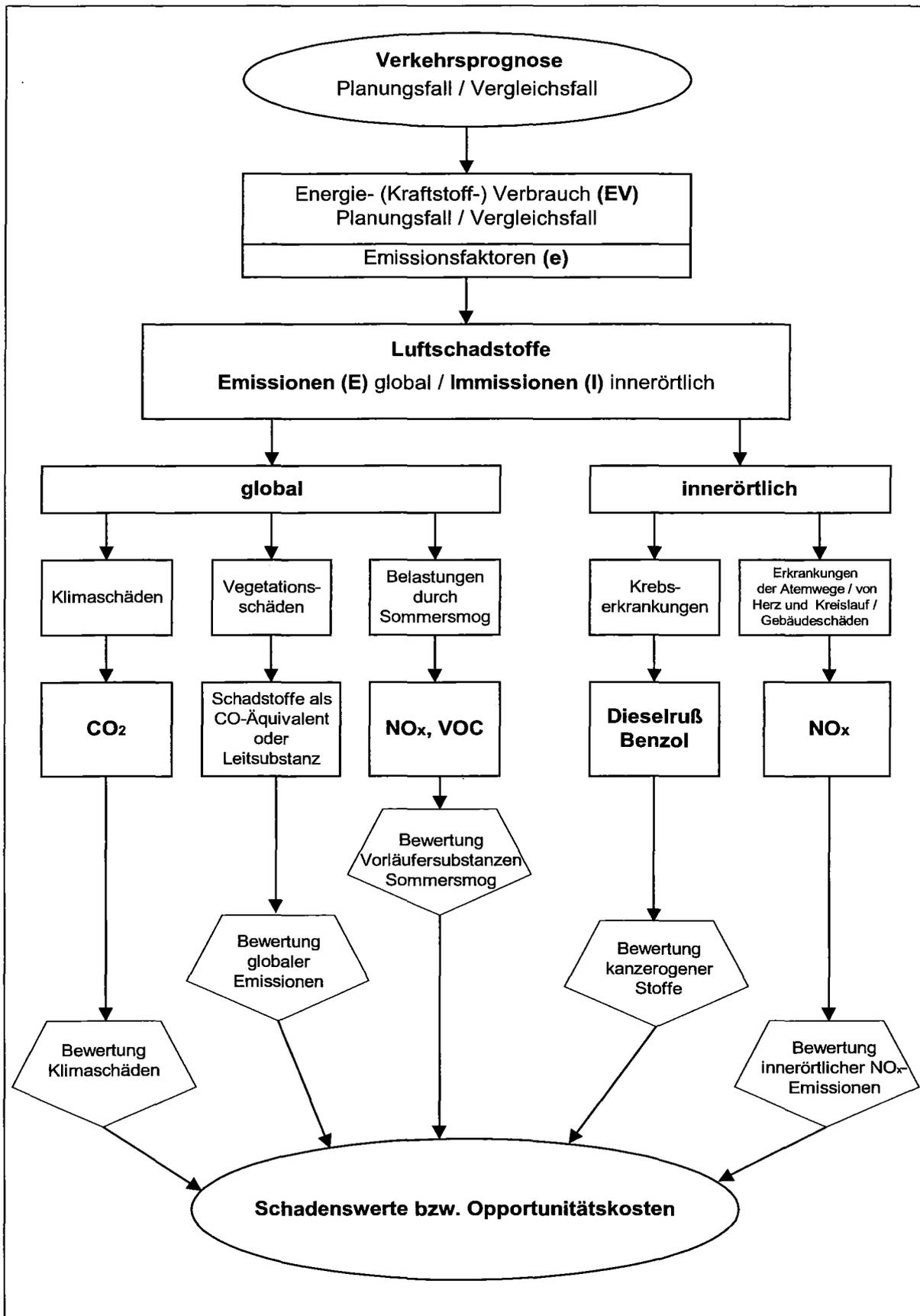


Abb. 50: Ablauf der Erfassung und Bewertung von Luftschadstoffen und Klimagasen nach UBA 1999

### 8.3 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Insbesondere auf das im Auftrag des Umweltbundesamtes entwickelte „Verfahren zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung“ (UBA 1999b) konzentrierte sich die kritische Diskussion, in dessen Reformvorschlägen der Monetarisierungsansatz grundsätzlich beibehalten, dabei jedoch sichergestellt wird, dass bestimmte Umweltqualitätsstandards nicht überschritten werden können. Wesentliche methodische Bestandteile des vorgeschlagenen Verfahrens und der darin enthaltenen Bewertungsansätze sind grundsätzlich auch auf die EWS und die Standardisierte Bewertung übertragbar, so dass dieser Verfahrensvorschlag auch einen Beitrag für die Diskussion zu einer generellen Integration der Bewertungskataloge und -verfahren im Hinblick auf die Umweltwirkungen des Verkehrs darstellt.

Mit Blick auf die hier im Vordergrund stehende methodische Behandlung der Umweltauswirkungen ist zunächst zu sehen: Umweltaspekte bleiben prinzipiell unzureichend berücksichtigt, wenn sie *ausschließlich* durch von ökonomischen Kenngrößen geprägte Kosten-Nutzen-Analysen bewertet werden. Denn werden in den überkommenen Bewertungsverfahren die monetarisierten Nutzenerwartungen aus Verkehrswege-Investitionen gegenüber deren Kosten nur hoch genug eingeschätzt, so wird das Nutzen-Kosten-Verhältnis zugunsten der Investitionen sprechen; die aus der Projekt-Realisierung resultierenden Beanspruchungen und Belastungen der Umwelt können u.U. jedoch derart anwachsen, dass irreparable Umweltschäden entstehen. – Ohnehin bleibt bezüglich der verkehrswissenschaftlichen Methodik grundsätzlich festzuhalten: Monetarisierungen von Umweltschäden sind solange wissenschaftlich nicht leistbar, als kein Konsens über die anzusetzenden Bewertungsmaßstäbe vorliegt. Die Bewertungsansätze zu den Umweltfolgen, die in der seitherigen Bundesverkehrswegeplanung berücksichtigt wurden, haben sich als nur teilweise konsensfähig erwiesen; erst Recht besteht keine Aussicht, dass dies einmal für die Monetarisierung der Umweltschäden im umfassenden Sinn gelingen könnte: Weder für Umweltbeeinträchtigungen allgemein, noch speziell für das Einbeziehen externer Umweltkosten ist zu erwarten, dass in der Wissenschaft ein diesbezüglicher Konsens gefunden wird; denn die den Bewertungen zugrunde liegenden Maßstäbe entziehen sich letztlich der wissenschaftlichen Festlegung. – Daher bleiben Bewertungen der Umweltfolgen des Verkehrs grundsätzlich fragwürdig, wenn nicht *auch* nicht-monetäre Gesichtspunkte berücksichtigt werden, wie vor allem ökologische Belastungsgrenzen, etwa nach dem Konzept der *critical loads* und *critical levels*. (SRU 1994, insb. Tz. 183)

Der Bezug auf bereits bestehende Normierungen wie z.B. die Prüfwerte der 23. BImSchV sollte verdeutlichen, dass es nicht unbedingt als utopisch angesehen werden muss, Grenz- bzw. Prüfwerte im Sinne von Umweltqualitäts- und -Handlungszielen in die formalisierten Verfahren zur Bewertung der Umweltfolgen des Verkehrs einzubeziehen. – Unter der Voraussetzung anerkannter nicht-monetärer Begrenzungen von Ressourcen- und Umweltbeanspruchungen können formalisierte Verfahren einen wertvollen Beitrag leisten, zumal zur Bewertung der Realisierungs-*Dringlichkeit* von alternativen Investitionsvorhaben für die Verkehrsinfrastruktur. In diesem Zusammenhang wurde sogar vorgeschlagen, monetarisierte formale Bewertungsverfahren *ausschließlich* zur Dringlichkeitsreihung von Projekten anzuwenden (Beckmann, 1999).

Deutlich wird auch, dass die Prozesse der Planung von Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur stärker die *Entscheidungsvorbereitung* im Blick behalten sollten, als dies im Zuge der

auf dem Verkehrssektor vorgegebenen formalisierten Bewertungsverfahren der Fall ist. Verschiedentlich besteht die Tendenz, durch die Anwendung möglichst ausgeklügelter Verfahrensweisen mit rechnerisch höchst aufwändigen Modellen die Entscheidung durch vermeintliche Optimierung bereits vorwegnehmen zu wollen. – Eine methodische Revision der Bewertungsverfahren nach dem Vorbild der *Technikfolgen-Abschätzung* mit Betonung der *Handlungsoptionen* des Entscheiders könnte sich demgegenüber als fruchtbar erweisen.

Das Gleiche gilt sicher für die weitere Prüfung, wie *multikriterielle Bewertungsverfahren* und vor allem auch *partizipative Elemente* nach K. J. Beckmann in das Planungsverfahren und die Entscheidung selbst einbezogen werden könnten. Hier ist zu erwarten, dass die aktuelle Diskussion um partizipative TA-Einsichten vermittelt, mit deren Hilfe vermieden würde, dass sozusagen das Kind – die möglichst umfassende wissenschaftlich differenzierte *Entscheidungsvorbereitung* – mit dem Bade – der planerischen Anmaßung quasi der *Entscheidungsvorwegnahme* – ausgeschüttet wird. Stärker noch angesichts der *Komplexität* der planerischen und Entscheidungsprobleme bei der Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur als ‚bloß‘ angesichts der schieren Größenordnung und des räumlichen Umfangs der zu betrachtenden Projekte stoßen partizipative Vorgehensweisen hier an ihre Leistungsgrenzen. Daher könnte sich in diesem Bereich am Ende der Methodenansatz der so genannten *diskursiven Technikfolgen-Abschätzung* als aussichtsreicher erweisen, indem er die auf die Beteiligung von Laien an *sämtlichen* entscheidenden Phasen des Diskurses verzichtet (vgl. A. Grunwald, 1999). Unter der Maßgabe der Verallgemeinerbarkeit ihrer Entscheidungskriterien bemühen sie sich um Konsensfindung durch Diskussionen in heterogen zusammengesetzten Gruppen von Experten und Vertretern der Entscheider wie ebenfalls von *Vertretern* der Betroffenen.



## Literaturverzeichnis

- Baum, H.; K. Esser; K.-J. Höhnscheid (1998):** Volkswirtschaftliche Kosten und Nutzen des Verkehrs. (Forschungsarbeiten aus dem Straßen- und Verkehrswesen; Heft 108) Bonn: Kirschbaum Verlag.
- Beckmann, K. J. (1999):** Gesellschaftliche Abwägung als Alternative zur monetären Bewertung. In: FGSV, 1999, S. 39–58.
- Beckmann, K. J. (2000):** Bewertungsverfahren weiter auf dem bisherigen Weg? – Erfordernisse eines Methoden Mix. In: Mertens; Brenner, 2000; S. 37-73.
- Beckmann, K. J.; B. Beckmann; Th. Wehmeier; M. Düsterwald; D. Serwill; Ch. Springsfeld (2001):** Leitstrategien individueller und kollektiver Zielführungsstrategien in verkehrstechnischen Steuerungsverfahren. Straßenverkehrstechnik 3/2001.
- Berg, Claus C. (Hrsg.), (1999):** City-Logistik - Das Münchener Modell, Ottobrunn: ILV, 1999 (Schriftenreihe Verkehr und Logistik: Bd. 1).
- Bräutigam, K.-R.; G. Halbritter; D. Georgiewa; Chr. Kupsch (2000):** Intelligent Transport Systems (ITS) – Contribution of ITS-Options for a more Efficient and Environmentally Sounder Traffic within Urban Areas, Beitrag zur Konferenz „Reinventing Mobility“, Bremen, 24.-27. Juni 2000.
- BMV (Bundesministerium für Verkehr (Hrsg.)) (1992):** Bundesverkehrswegeplan. Bonn.
- BMV (Bundesministerium für Verkehr (Hrsg.)) (1993):** Gesamtwirtschaftliche Bewertung von Verkehrsweginvestitionen, Bewertungsverfahren für den Bundesverkehrswegeplan 1992. Schriftenreihe des Bundesministers für Verkehr, Heft 72, Bonn.
- BMVBW (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen) (1999):** Investitionsprogramm für den Ausbau der Bundesschienenwege, Bundesfernstraßen und Bundeswasserstraßen in den Jahren 1999 bis 2002 (Investitionsprogramm 1999-2002). Berlin, 3. Nov. 1999.
- BMVBW (Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (Hrsg.)) (2000):** Verkehrsbericht 2000. Integrierte Verkehrspolitik: Unser Konzept für eine mobile Zukunft. (Nov. 2000) Berlin.
- CAPTURE (1999):** Results, Recommendations and Conclusions, (Publication within the frame of the EU-Project CAPTURE – CARS to Public Transport in URban Environment).
- Cerwenka, P. (1999):** Induzierter Verkehr und Zeiteinsparung. In: (FGSV 1999), S. 59–62.
- Flasche, B.; M. Wacker (1999):** Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) im Rahmen eines regionalen Verkehrsmanagements. Arbeitsbericht Nr. 1/98 zu diesem Vorhabens (siehe auch Aufstellung der Arbeitsberichte).
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.)) (1997a):** Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen. EWS. Aktualisierung der RAS-W 86. Ausgabe 1997. Köln.
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.)) (1997b):** Kommentar zum Entwurf. Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen. EWS. Aktualisierung der RAS-W '86. Ausgabe 1997. Köln.
- FGSV (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.)) (1999):** Kosten und Nutzen des Verkehrs. Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung. FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar 1998 in Freiburg. Köln, 1999.
- FES (Friedrich-Ebert-Stiftung, Wirtschafts- und sozialpolitisches Forschungs- und Beratungszentrum der Friedrich-Ebert-Stiftung, Abt. Wirtschaftspolitik (Hrsg.)) (2000):** Reform der Bundesverkehrswegeplanung. Wäre weniger mehr? Dokumentation der gemeinsamen Veranstaltung von Friedrich-Ebert-Stiftung und Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland am 18. März 1999 in Bonn (Wirtschaftspolitische Diskurse, Nr. 135).
- Fulda, E. (2000):** Stand der Weiterentwicklung der Bundesverkehrswegeplanung. TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 4 (9. Jahrgang), Karlsruhe (Forschungszentrum Karlsruhe - ITAS), Dez. 2000; S. 73–80.

- Fulda, E. (in Vorb.):** Verkehrspolitische Optionen im Kontext vorliegender Bewertungsverfahren. Werkstattbericht über ausgewählte Diskussionspunkte zu Erfassungs-, Berechnungs- und Bewertungsverfahren von BVWP, EWS und Standardisierter Bewertung insbesondere unter ökologischen Aspekten. Forschungszentrum Karlsruhe.
- Gehring, P. (2000a):** Ziele der Bundesverkehrswegeplanung und Bewertungsverfahren. Vortrag bei der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg im Rahmen des Workshops „Bewertungsverfahren im Verkehrswesen: Rechenstift gegen Argumente?“, gehalten am 13. April in Stuttgart-Hohenheim.
- Gehring, P. (2000b):** Ziele der Bundesverkehrswegeplanung und Bewertungsverfahren. In: Mertens; Brenner, 2000; S. 3–17.
- Gohlisch, G.; K. Kämpf (2000):** Verkehrstelematik und Umwelt, Internationales Verkehrswesen, (52) 12/2000.
- Grunwald, A. (Hrsg.) (1999):** Rationale Technikfolgenbeurteilung. Konzeption und methodische Grundlagen. Berlin – Heidelberg – New York: Springer.
- Gühnemann, A.; W. Rothengatter (2000):** Neue Bewertungsverfahren in der Verkehrsplanung. TA-Datenbank-Nachrichten, Nr. 4 (9. Jahrgang), Karlsruhe (Forschungszentrum Karlsruhe - ITAS), Dez. 2000; S. 64-73.
- Halbritter, G. u.a., (1999):** Umweltverträgliche Verkehrskonzepte: Entwicklung und Analyse von Optionen zur Entlastung des Verkehrsnetzes und zur Verlagerung von Straßenverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsträger, Erich Schmidt Verlag, Berlin, Beiträge zur Umweltgestaltung A 143, ISBN 3-503-04805-7
- Halbritter, G.; T. Fleischer (2000):** Erfahrungen zum Einsatz von IuK-Techniken im Ballungsraumverkehr. Straßenverkehrstechnik 6/2000, S. 252-257.
- Heimerl, G.; Intraplan Consult (1989a):** Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des ÖPNV; erstellt im Auftrag des Bundesministers für Verkehr. München; Stuttgart.
- Heimerl, G.; H. Dobeschinsky; W. Meier; H.-U. Mann; G. Götz (1989b):** Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des ÖPNV. Überarbeitung und Fortschreibung der Anleitung in neuem Gewande. Der Nahverkehr, Heft 6, S. 10-15.
- HBEFA (1999):** Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 1.2, Januar 1999
- ICARO (1999):** Final Report of ICARO (Final report of the EU-project ICARO - Increase of CAR Occupancy)
- IÖW (Institut für ökologische Wirtschaftsforschung, Berlin) (2000):** Arndt, W.-H.; I. Einacker; H. Flämig; Chr. Schneider; K. Sommer: Erprobung von Maßnahmen zur umweltschonenden Abwicklung des städtischen Wirtschaftsverkehrs. Umweltbundesamt, Berlin, Texte 57/00
- ISV (Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Universität Stuttgart) (1997):** Gutachten zur Erprobung von IuK-Techniken in Feldversuchen. Interner Bericht zur Studie: **Halbritter, G. u.a., (1999):** Umweltverträgliche Verkehrskonzepte (siehe oben).
- IVT; IWW u.a. (1995):** Wissenschaftliche Begleituntersuchungen zum „Generalverkehrsplan Baden-Württemberg. Ergänzende Studien, Teil 2“. Heilbronn, Karlsruhe.
- IVV (Ingenieurgruppe für Verkehrswesen und Verfahrensentwicklung - Aachen) (1999):** Stadtverträglicher Güterverkehr, Ermittlung von Maßnahmenwirkungen zur umweltfreundlichen Führung des Güterverkehrs in städtischen Straßennetzen, Aachen, im April 1999 (Beitrag der Bundesrepublik Deutschland an der europäischen Forschungsaktion COST 321 – Urban Goods Transport).
- Klein-Vielhauer, S. (2001):** Neue Konzepte für den Wirtschaftsverkehr in Ballungsräumen – Ein Werkstattbericht über die Bemühungen in Praxis und Wissenschaft, Forschungszentrum Karlsruhe, FZKA 6599.
- Kühne, Reinhart D. (1999):** Integriertes Verkehrsmanagement in Ballungsräumen – Anspruch und Wirklichkeit, Straßenverkehrstechnik 8/99 S. 361-367.
- LAI (Länderausschuss für Immissionsschutz) (1991):** Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen – Entwicklung von „Beurteilungsmassstäben für kanzerogene Luftverunreinigungen“. Im Auftrage der Umweltministerkonferenz.
- Marggraf, R.; S. Streb (1997):** Ökonomische Bewertung der natürlichen Umwelt. Theorie, politische Bedeutung, ethische Diskussion. Heidelberg – Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.

- Mertens, S.; J. Brenner (Hrsg.) (2000):** Bewertungsverfahren im Verkehrswesen: Rechenstift gegen Argumente? Ergebnisse der Veranstaltung Nr. XII der Workshop-Reihe im Themenbereich Verkehr und Raumstruktur. Arbeitsbericht Nr. 182 der Akademie für Technikfolgen-Abschätzung in Baden-Württemberg. Stuttgart, Dezember 2000.
- München (1998) (Landeshauptstadt München – Referat für Stadtplanung und Bauordnung):** Wirtschaftsverkehr in der Region München, Beiträge zur Verkehrsentwicklungsplanung, Heft 1 (Oktober 1998).
- Muheim, P.; E. Reinhardt (2000):** Das Auto kommt zum Zug – kombinierte Mobilität auch im Personenverkehr. Internationales Verkehrswesen (52) 1+2/2000, S. 27-30.
- Nehring, M.; M. Steierwald (2000a):** Bewertung verkehrlicher Infrastruktur. In: Mertens; Brenner (2000); S. 75-99.
- Nehring, M.; M. Steierwald (2000b):** Bewertung – ein vernachlässigter Aspekt nachhaltiger Mobilität. In: TA-Datenbank-Nachrichten Nr. 4, 9. Jg., Dez. 2000; S. 80-89.
- PTV (Planung Transport Verkehr AG) (2001):** VerkehrsManagementZentrale bewegt was in der Hauptstadt. Compass 01/01.
- Retzko, H.-G.; H.H. Topp (1995):** Münchner Perspektiven einer stadtverträglichen Mobilität. München; Referat für Stadtplanung und Baumentwicklung; interner Bericht.
- Siegle, G. (Hrsg.) (1996):** Telematik im Verkehr (Referate des Kongresses des Münchener Kreises vom 14. und 15. Februar 1996). R. v. Decker's Verlag, Hüthig GmbH, Heidelberg, ISBN 3-7685-3296-8.
- Sparmann, J. (2001):** Zusammenarbeit öffentlicher und privater Dienstleister bei der Datenerfassung und Information der Verkehrsteilnehmer. Straßenverkehrstechnik 3/2001, S. 109-111.
- Standardisiertes Verfahren** (s. Heimerl. u.a., 1989a; Heimerl u.a., 1989b).
- SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1994):** Umweltgutachten 1994. Für eine dauerhaft-umweltgerechte Entwicklung Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (1996):** Umweltgutachten 1996. Zur Umsetzung einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart.
- SRU (Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen) (2000):** Umweltgutachten 2000. Schritte ins nächste Jahrtausend. Verlag Metzler-Poeschel, Stuttgart; ISBN 3-8246-0620-8.
- UBA (Umweltbundesamt, Berlin) (1999a):** Mangelsdorf, I. u.a.: Durchführung eines Risikovergleiches zwischen Dieselmotoremissionen und Ottomotoremissionen hinsichtlich ihrer kanzerogenen und nicht-kanzerogenen Wirkungen. Berichte 2/1999. Erich Schmidt Verlag, Berlin, ISBN 3-503-04862-6.
- UBA (Umweltbundesamt, Berlin) (1999b):** Gühneemann, A. u.a.: Entwicklung eines Verfahrens zur Aufstellung umweltorientierter Fernverkehrskonzepte als Beitrag zur Bundesverkehrswegeplanung. Berichte 4/1999. Erich Schmidt Verlag, Berlin.
- US-DoT (US Department of Transportation) (1998):** Metropolitan Model Deployment Initiative, National Evaluation Strategy, Publication No.: FHWA-JPO-99-041.
- US-DoT (US Department of Transportation) (1999):** The National ITS Architecture – A Framework for Integrated Transportation into the 21<sup>st</sup> Century.
- Weinberger, M. (1991):** Die Messung sozialer Kosten des Lärms am Beispiel der Bundesrepublik Deutschland. Dissertation Universität Köln, 1991.
- Zackor, H. (1999):** Informationsstrategien für Telematikanwendungen im Straßenverkehr. Straßenverkehrstechnik 4/1999, S. 153-158.
- Zackor, H.; H. Keller (1999):** Entwurf und Bewertung von Verkehrsinformations- und -leitsystemen unter Nutzung neuer Technologien. Straßenverkehrstechnik 9/1999, S. 417-427.



## Anhang A Interne Arbeitsberichte zum Vorhaben

- 1/98 Flasche, B.; Wacker, M.:  
Einsatz von Informations- und Kommunikationstechniken (IuK-Techniken) im Rahmen eines regionalen Verkehrsmanagement (Februar 1999)
- 2/98 Einsele, M.; Peterek, M.; Langdörfer, U.:  
Untersuchung räumlicher und siedlungsstruktureller Entwicklungen in Bezug auf ihre verkehrlichen Auswirkungen (August 1998)
- 3/98 Erstes Statusseminar zum Vorhaben "Verkehr in Ballungsräumen: Optionen für eine effizientere und umweltverträglichere Gestaltung" am 31. März 1998 im BMBF in Bonn (August 1998)
- 1/99 Jahresbericht 1998 (Februar 1999)
- 2/99 Halbritter, G.; Fleischer, T.:  
Bericht über eine Informationsreise zu Projekten des MMDI und zur Jahrestagung von ITS-Amerika
- 0/00 Jahresbericht 1999 (Februar 2000)



## Anhang B Glossar

**Auslastungsgrad von Fahrzeugen** - unterschieden wird zwischen dem aufkommengewichteten Auslastungsgrad, der durch den Quotienten aus  $\rightarrow$ Verkehrsaufkommen und  $\rightarrow$ Fahrtenaufkommen bestimmt ist, und den durch den Quotienten aus  $\rightarrow$ Verkehrsleistung und  $\rightarrow$ Fahrleistung definierten leistungsgewichteten Auslastungsgrad.

**Bayerninfo** – Projekt für die Schaffung eines bayernweiten umfassenden Verkehrsdatenverbunds sowie die Entwicklung und Erprobung tragbarer Mobilitätsplaner.

**Benutzungsgrad** – fahrzeugspezifische Größe (mit der Dimension Fahrten je Fahrzeug und Jahr).

**Cordon Pricing** – ein gebietsbezogenes Bepreisungsmodell für die Erhebung von Straßenbenutzungsgebühren. Bei einem Kordon-System wird ein Gebiet durch eine oder mehrere konzentrisch um ein Zentrum liegende Zonen unterteilt, deren Befahren (mit in der Regel nach innen wachsender Höhe) gebührenpflichtig ist.

**Fahrleistung** – durch das betrachtete Fahrzeugkollektiv zurückgelegte Entfernung pro Zeiteinheit (Einheit: Fahrzeugkilometer); auch als fahrzeugspezifische Größe, dann durchschnittliche (in der Regel auf das Jahr bezogene) Fahrleistung eines Fortbewegungsmittels.

**Fahrtenaufkommen** – Anzahl der Fahrzeugbewegungen pro Zeiteinheit.

**Fahrtweite, durchschnittliche** – Quotient aus  $\rightarrow$ Fahrleistung und  $\rightarrow$ Fahrtenaufkommen.

**Mobilitätsrate** – individuelle verkehrliche Kennziffer, gibt die Anzahl von Ortsveränderungen je Person und Zeiteinheit an.

**Mobilitätsstreckenbudget** – individuelle verkehrliche Kennziffer, beschreibt die je Person und Zeiteinheit zurückgelegte Distanz.

**Mobilitätszeitbudget** – individuelle verkehrliche Kennziffer, beschreibt den Zeitraum, den eine Person oder ein Transportgut pro Zeiteinheit im Verkehrsraum zubringen.

**Modal Split** – Verteilung des Transportes von Personen oder Gütern auf die einzelnen Verkehrsträger.

**Motorisierungsgrad** – Kennziffer, die aus dem Quotienten aus der Anzahl der Pkw und der Anzahl der entsprechenden Bezugspersonen (meist Einwohner oder Erwachsene) gebildet wird. Meist angegeben in Pkw pro 1000 Einwohner oder Pkw pro 1000 Erwachsene.

**Motorisierter Individualverkehr (MIV)** – Personenverkehr mit Pkw und motorisierten Zweirädern. Der MIV wird durch die amtliche Statistik nicht erfasst. Für ihn werden die  $\rightarrow$ Fahrleistungen und, abgeleitet davon, das  $\rightarrow$ Verkehrsaufkommen und die  $\rightarrow$ Verkehrsleistung vom DIW jährlich mit Hilfe einer Modellrechnung bestimmt.

**Nichtmotorisierter Verkehr** – Personenverkehr zu Fuß und mit dem Fahrrad. Verkehrsaufkommen und Verkehrsleistung im nichtmotorisierten Verkehr sowie deren Differenzierung nach Wegezwecken werden durch das DIW im Ergebnis der Aufbereitung von Daten aus der amtlichen Statistik, dem Mikrozensus, empirischen Erhebungen sowie weiteren spezifischen Untersuchungen unter Berücksichtigung der Entwicklung volkswirtschaftlicher Daten ermittelt.

**Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)** – Teil des öffentlichen Verkehrs, umfasst in der Verkehrsstatistik den Linienverkehr im  $\rightarrow$ öffentlichen Straßenpersonenverkehr (mit Omnibus, Straßenbahnen und U-Bahnen) sowie den Schienennahverkehr (S-Bahn-Verkehr, Berufs- und Schülerverkehr sowie Verkehr im Regeltarif bis 50 km) der Eisenbahnen.

**Öffentlicher Straßenpersonenverkehr (ÖSPV)** – Teil des öffentlichen Verkehrs, umfasst den Verkehr mit Omnibus, Straßenbahnen und U-Bahnen.

**Öffentlicher Verkehr (ÖV)** – Teil des Personenverkehrs, umfasst den → öffentlichen Straßenpersonenverkehr (mit Omnibus, Straßenbahnen und U-Bahnen), den Eisenbahnverkehr (einschließlich der S-Bahnen) sowie den Luftverkehr.

**on-trip-Informationssysteme** – Systeme zur Information von Verkehrsteilnehmern während eines Weges (während einer Fahrt).

**pre-trip-Informationssysteme** – Systeme zur Information von Verkehrsteilnehmern am Ausgangspunkt eines Weges (vor Antritt einer Fahrt).

**Road Pricing** – das Erheben von Straßenbenutzungsgebühren.

**Telematik** – Kunstwort aus der Kombination der Begriffe Telekommunikation und Informatik (Kunstbegriff aus Information und Mathematik). Durch die Begriffsbildung soll das Zusammenwachsen von Informationsverarbeitung und Informationsübertragung hervorgehoben werden. Im engeren Sinne ist dieser Begriff ein Synonym für Informations- und Kommunikationstechniken. Häufig wird der Begriff Telematik jedoch breiter verwendet, unter ihm werden dann sowohl die Techniken als auch Anwendungen und Verfahren subsumiert.

**Verkehrsaufkommen** – kollektive (auf eine Personengruppe oder eine definierte Gütermenge bezogenen) verkehrliche Kennziffer, beschreibt die Anzahl der Wege bzw. die beförderte Gütermenge des betrachteten Kollektivs pro Zeiteinheit (Einheit: Personen bzw. Tonnen pro Zeiteinheit).

**Verkehrsleistung** – kollektive (auf eine Personengruppe oder eine definierte Gütermenge bezogenen) verkehrliche Kennziffer, beschreibt die durch das betrachtete Kollektiv pro Zeiteinheit zurückgelegte Distanz (Einheit: Personenkilometer bzw. Tonnenkilometer pro Zeiteinheit).

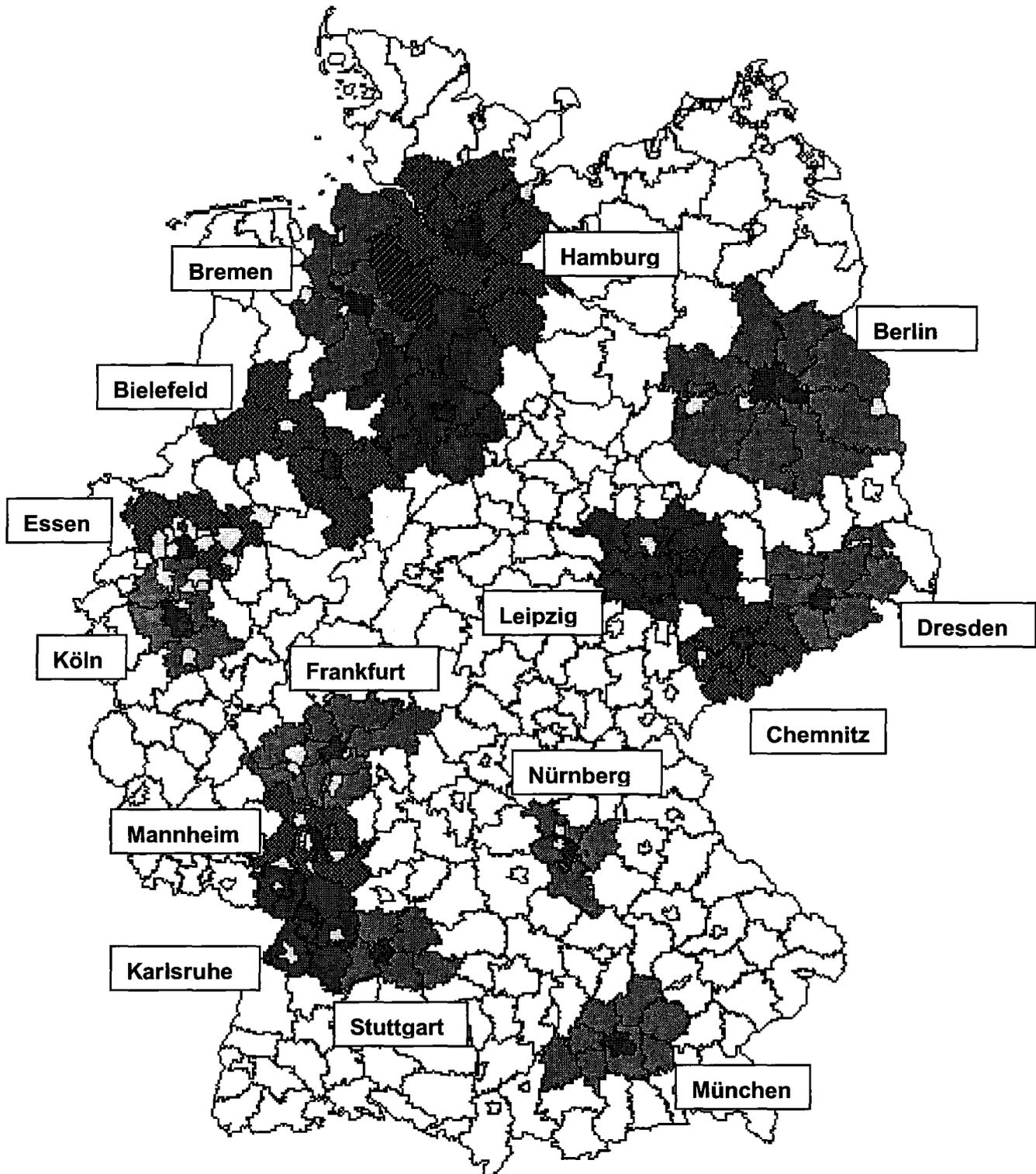
**Verkehrsmittelverfügbarkeit** – eine in erster Linie theoretische verkehrswissenschaftliche Kennziffer, sie wird durch den Quotienten aus der Anzahl der Fortbewegungsmittel und der Anzahl der entsprechenden Bezugspersonen gebildet. Die wohl bekannteste Verfügbarkeitsgröße ist der → Motorisierungsgrad.

**Verkehrsverlagerung, intermodale** – Verlagerung von Verkehr auf einen anderen Verkehrsträger.

**Verkehrsverlagerung, intramodale** – zeitliche und räumliche Verlagerung von Fahrten ohne Veränderungen bei den gewählten Verkehrsmittel.

**Zielführungssysteme** – Technische, in der Regel in Fahrzeugen installierte Systeme, die in ihrer einfachsten Version der Navigation, dem Finden eines gewünschten Zieles und der Ermittlung des günstigsten (schnellsten, kürzesten, landschaftlich schönsten ...) Weges dorthin dienen. Eine höhere Entwicklungsstufe sind *dynamische* Zielführungssysteme, die Informationen zur aktuellen Verkehrssituation empfangen und verarbeiten und daraus abgeleitete Routen- und Leitempfehlungen geben können.

## Anhang C Überblick über die deutschen Ballungsräume



Für die Ballungsräume Hannover, Karlsruhe und Leipzig liegt das Datenmaterial der Matrix 97 nicht getrennt nach Kernstadt und Umland vor.



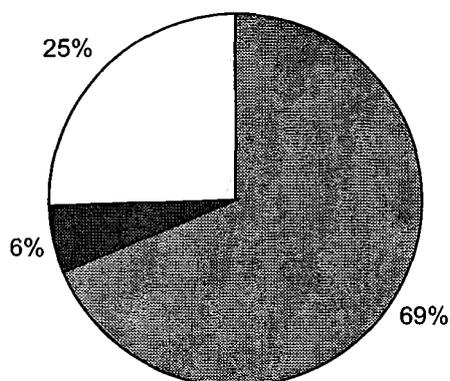
Einige Kennzahlen der betrachteten Ballungsräume

**Ballungsraum Berlin**

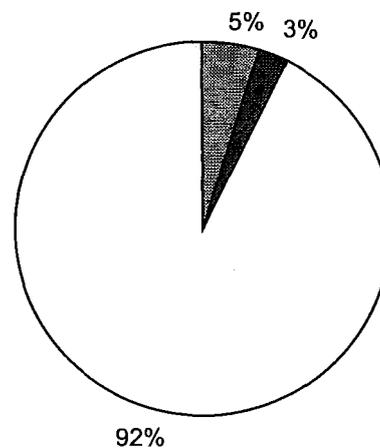
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Berlin	3.471.418	891	3.897
<b>kreisfreie Städte</b>			
Brandenburg an der Havel	85.994	208	413
Frankfurt/Oder	80.807	148	547
Potsdam	136.619	109	1.249
<b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b>	303.420	465	652
<b>alle Städte der Region</b>	3.774.838	1.356	2.784
<b>Landkreise</b>			
Barnim	151.783	1.494	102
Dahme Spreewald	144.990	2.261	64
Havelland	131.381	1.707	77
Märkisch Oderland	172.577	2.128	81
Oberhavel	170.505	1.798	95
Oder-Spree	190.839	2.242	85
Potsdam-Mittelmark	180.324	2.682	67
Teltow-Fläming	148.137	2.122	70
<b>alle Landkreise</b>	1.290.536	16.435	79
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>5.065.374</b>	<b>17.791</b>	<b>285</b>

**Einwohner (5.065.374)**



**Fläche (17.791 km<sup>2</sup>)**



Kernstadt  
 sonstige Stadtkreise  
 Landkreise

Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

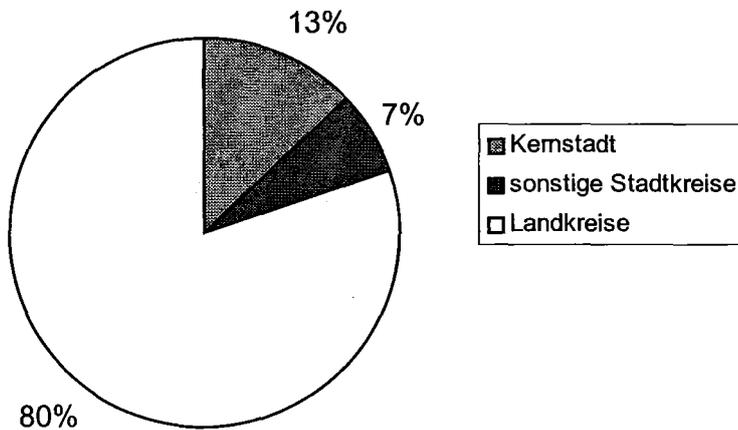


**Ballungsraum Bielefeld-Osnabrück**

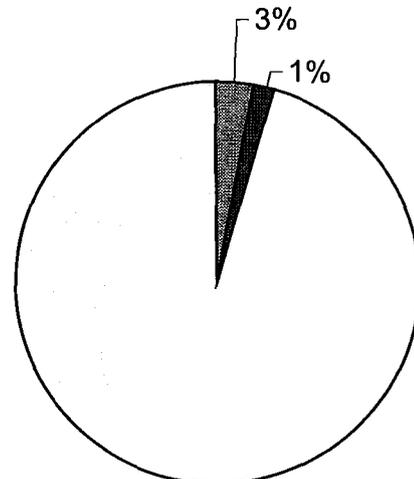
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Bielefeld	324.066	258	1.258
<b>kreisfreie Städte</b>			
Osnabrück	168.618	120	1.407
<b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b>	168.618	120	1.407
<b>alle Städte der Region</b>	492.684	377	1.305
<b>Landkreise</b>			
Gütersloh	329.043	967	340
Herford	250.768	450	557
Lippe	360.471	1.246	289
Osnabrück	342.808	2.122	162
Paderborn	278.020	1.245	223
Steinfurt	416.252	1.792	232
<b>alle Landkreise</b>	1.977.362	7.822	253
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>2.470.046</b>	<b>8.199</b>	<b>301</b>

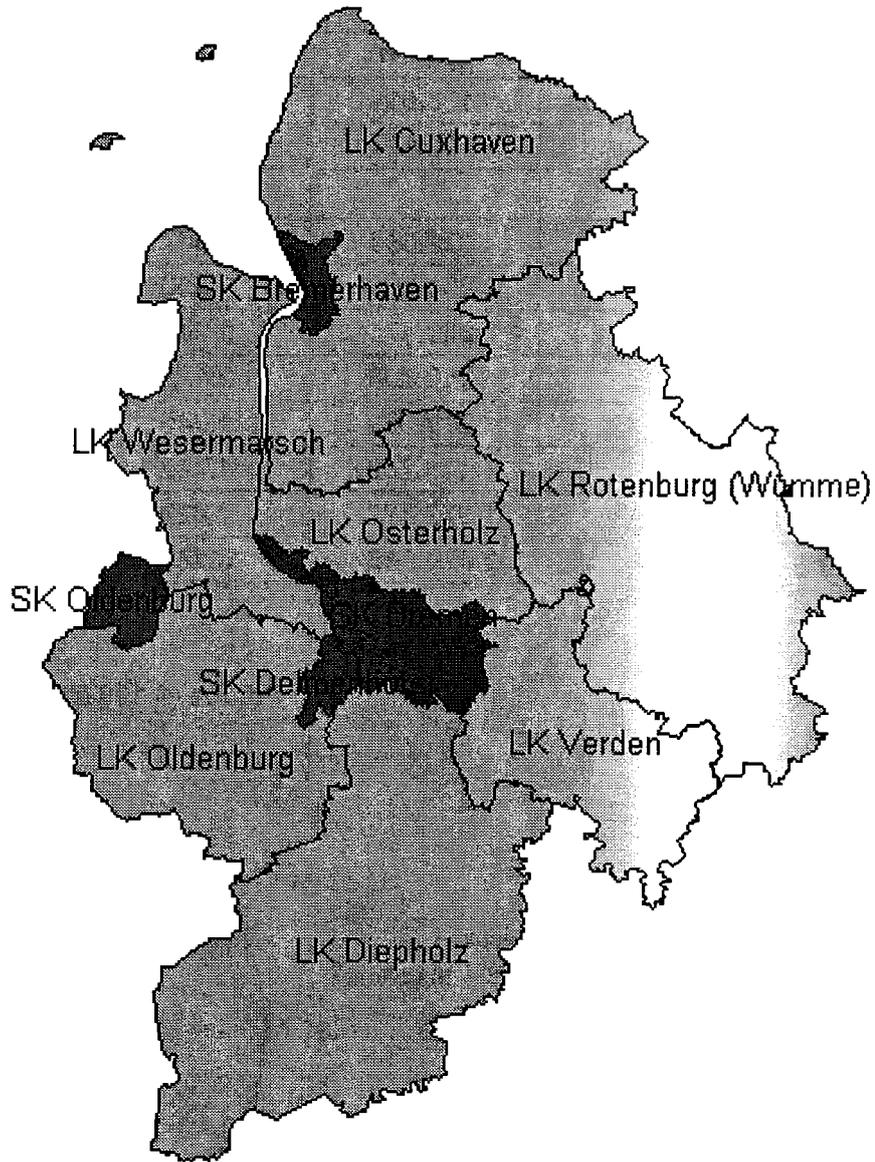
**Einwohner (2.470.046)**



**Fläche (8.199 km<sup>2</sup>)**



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

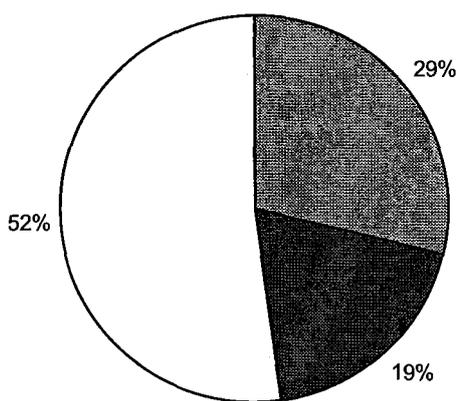


**Ballungsraum Bremen**

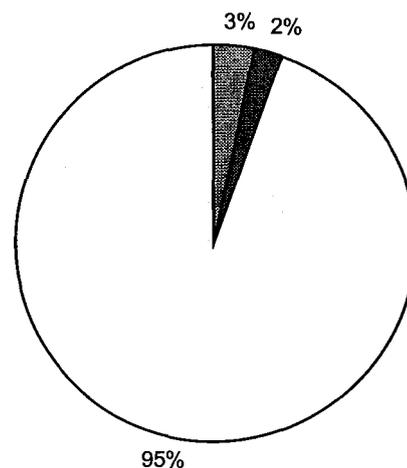
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Bremen	549.357	327	1.682
<b>kreisfreie Städte</b>			
Bremerhaven	130.400	78	1.679
Delmenhorst	78.226	62	1.254
Oldenburg	151.382	103	1.470
<b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b>	360.008	243	1.481
<b>alle Städte der Region</b>	909.365	570	1.597
<b>Landkreise</b>			
Cuxhaven	198.654	2.072	96
Diepholz	203.704	1.987	102
Oldenburg	112.922	1.063	106
Osterholz	105.576	651	162
Verden	128.108	788	163
Wesermarsch	94.061	822	114
Rotenburg (Wümme)	152.688	2.070	74
<b>alle Landkreise</b>	995.713	9.453	105
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>1.905.078</b>	<b>10.023</b>	<b>190</b>

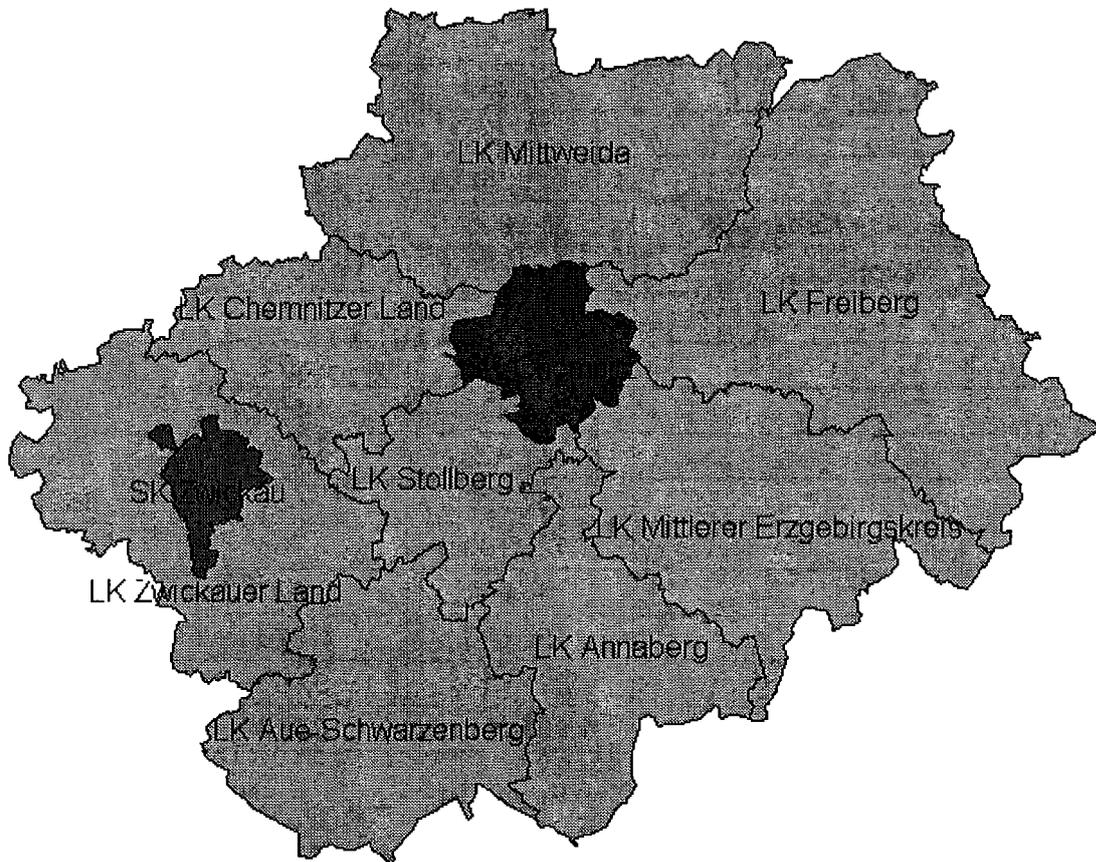
**Einwohner (1.905.078)**



**Fläche (10.023 km<sup>2</sup>)**



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

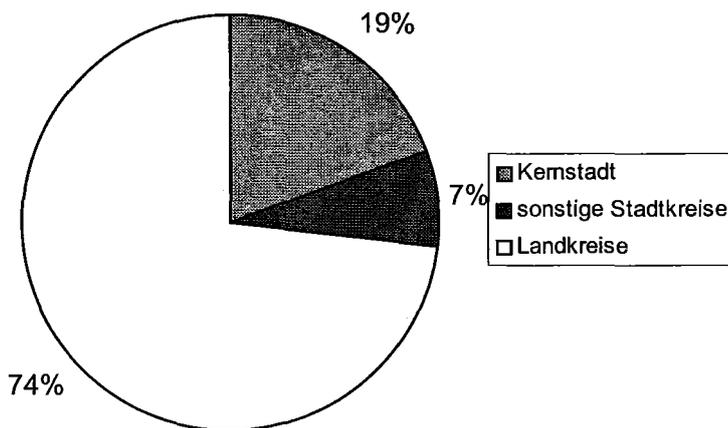


**Ballungsraum Chemnitz-Zwickau**

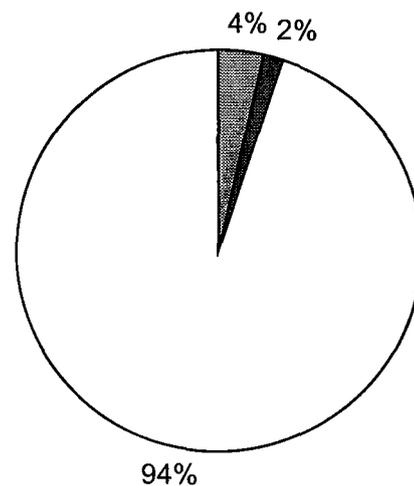
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Chemnitz	273.414	176	1.556
<b>kreisfreie Städte</b>			
Zwickau	105.214	73	1.432
<b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b>	105.214	73	1.432
<b>alle Städte der Region</b>	378.628	249	1.520
<b>Landkreise</b>			
Annaberg	92.049	438	210
Aue-Schwarzenberg	150.082	528	284
Chemnitzer Land	153.081	369	415
Freiberg	155.806	913	171
Mittlerer Erzgebirgskreis	97.448	596	164
Mittweida	144.285	785	184
Stollberg	94.430	266	354
Zwickauer Land	143.575	540	266
<b>alle Landkreise</b>	1.030.756	4.436	232
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>1.409.384</b>	<b>4.685</b>	<b>301</b>

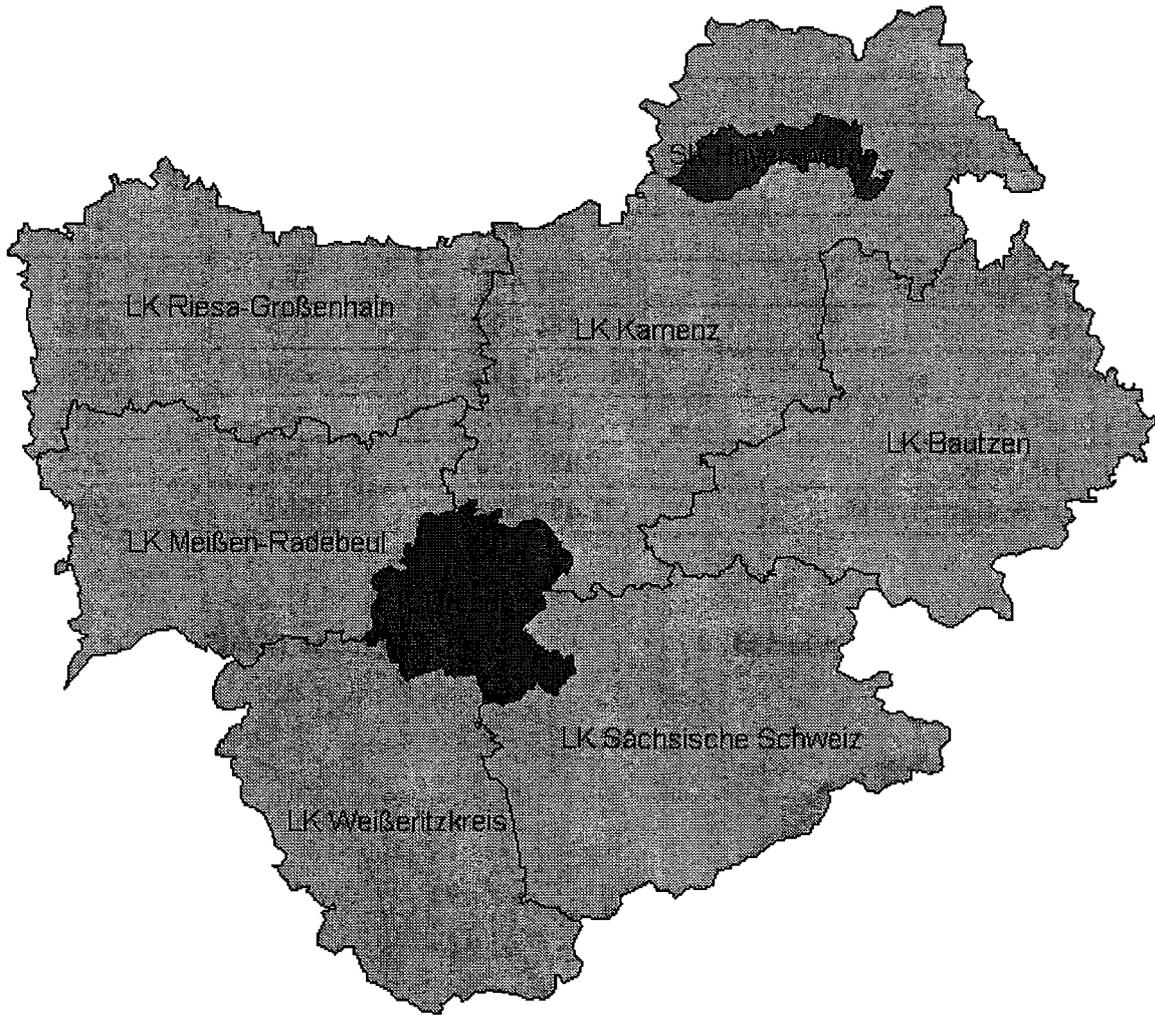
**Einwohner (1.409.384)**



**Fläche (4.685 km<sup>2</sup>)**



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

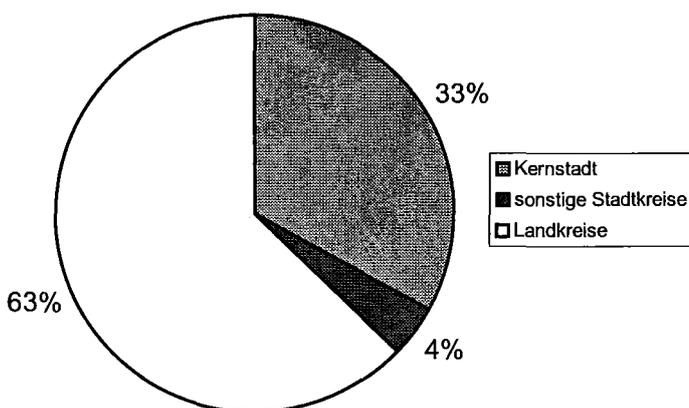


## Ballungsraum Dresden

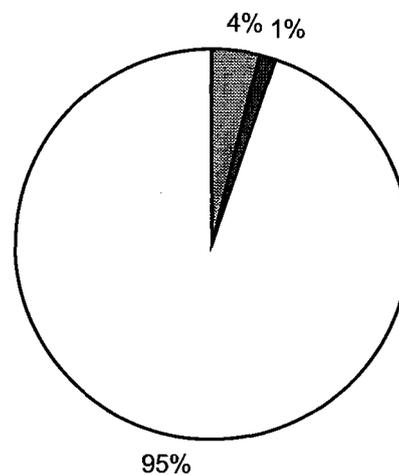
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

Kernstadt	Einwohner	Fläche (km <sup>2</sup> )	Dichte (Einwohner/km <sup>2</sup> )
Dresden	469.413	227	2.068
<b>kreisfreie Städte</b>			
Hoyerswerda	60.025	81	742
<b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b>	60.025	81	742
<b>alle Städte der Region</b>	529.438	308	1.719
<b>Landkreise</b>			
Bautzen	162.536	955	170
Kamenz	160.420	1.388	116
Meißen-Radebeul	163.697	698	235
Riesa-Großenhain	127.756	821	156
Sächsische Schweiz	159.584	929	172
Weißeritzkreis	114.960	732	157
<b>alle Landkreise</b>	888.953	5.522	161
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>1.418.391</b>	<b>5.830</b>	<b>243</b>

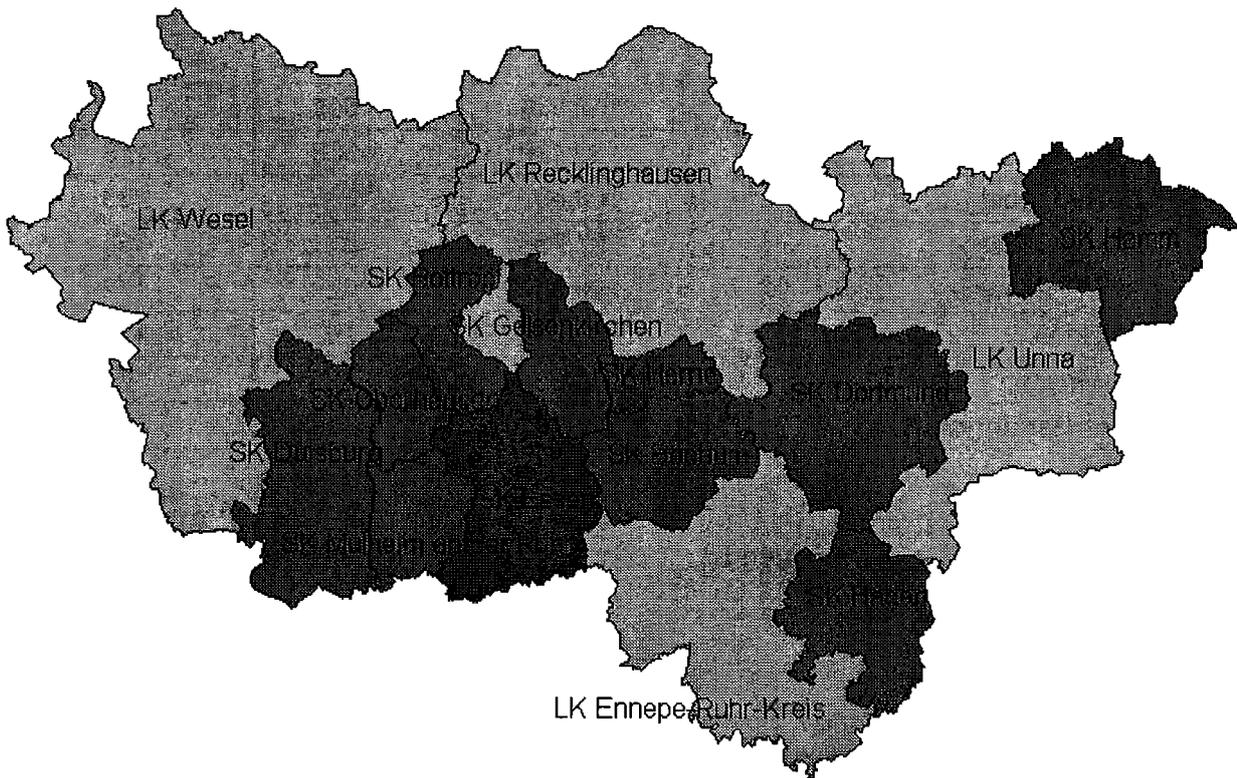
Einwohner (1.418.391)



Fläche (5.830 km<sup>2</sup>)



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

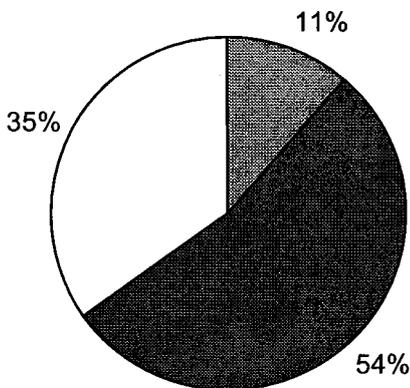


**Ballungsraum Essen (Ruhrgebiet)**

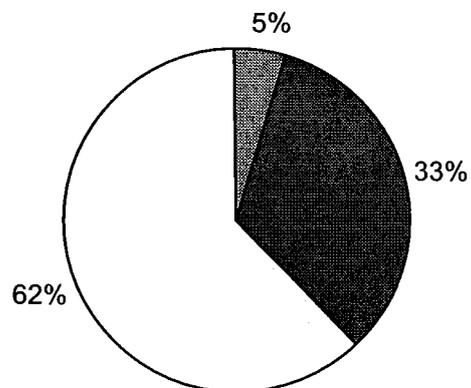
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Essen	614.861	210	2.923
<b>kreisfreie Städte</b>			
Bochum	400.395	145	2.753
Bottrop	120.642	101	1.199
Dortmund	598.840	280	2.137
Duisburg	535.250	233	2.299
Gelsenkirchen	291.164	105	2.777
Hagen	212.003	160	1.322
Hamm	183.408	226	811
Herne	179.897	51	3.499
Mülheim an der Ruhr	176.530	91	1.934
Oberhausen	224.397	77	2.913
<b><i>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</i></b>	<b>2.922.526</b>	<b>1.470</b>	<b>1.988</b>
<b><i>alle Städte der Region</i></b>	<b>3.537.387</b>	<b>1.681</b>	<b>2.105</b>
<b>Landkreise</b>			
Ennepe-Ruhr-Kreis	352.069	408	862
Recklinghausen	662.931	760	872
Unna	422.662	543	779
Wesel	465.454	1.042	447
<b><i>alle Landkreise</i></b>	<b>1.903.116</b>	<b>2.753</b>	<b>691</b>
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>5.440.503</b>	<b>4.434</b>	<b>1.227</b>

**Einwohner (5.440.503)**

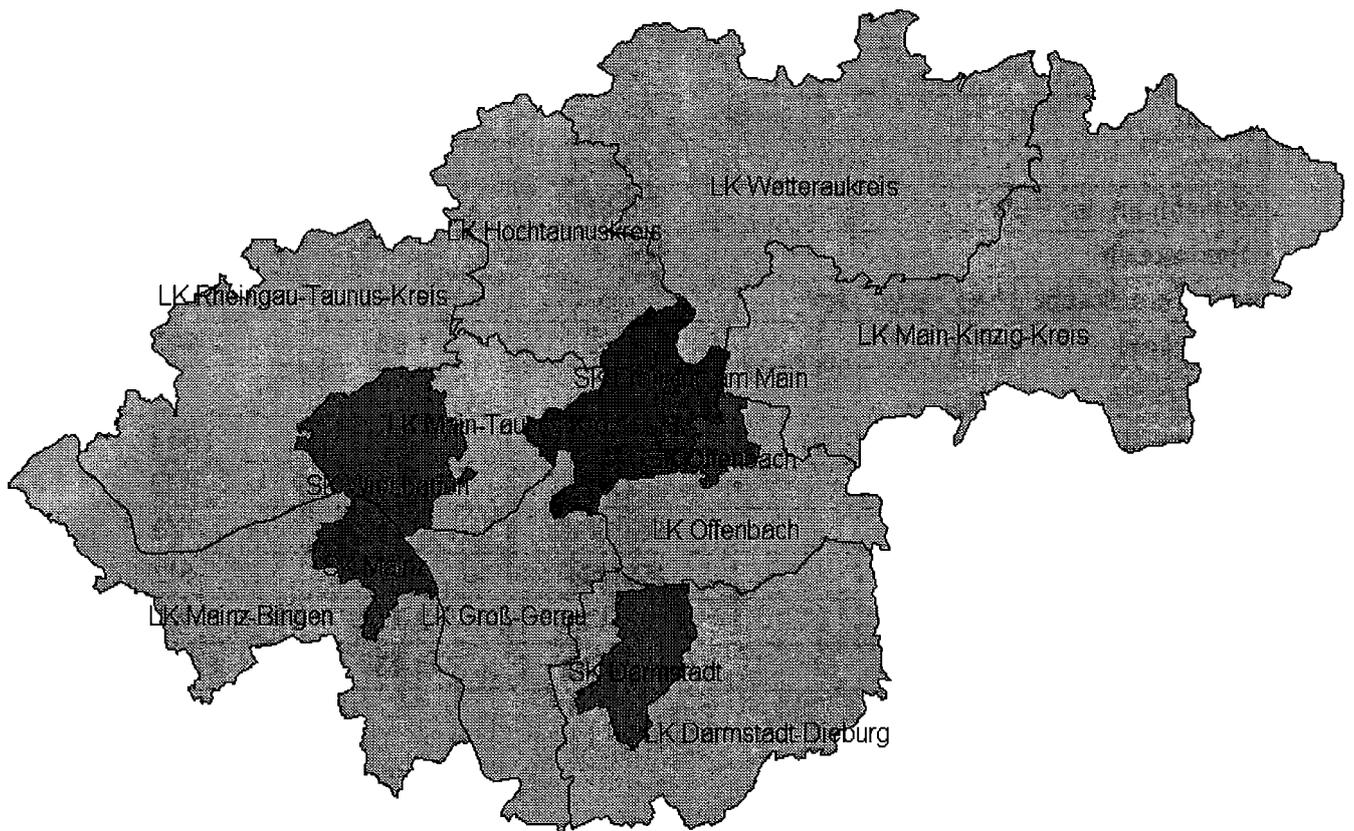


**Fläche (4.434 km<sup>2</sup>)**



Kernstadt  
 sonstige Stadtkreise  
 Landkreise

Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

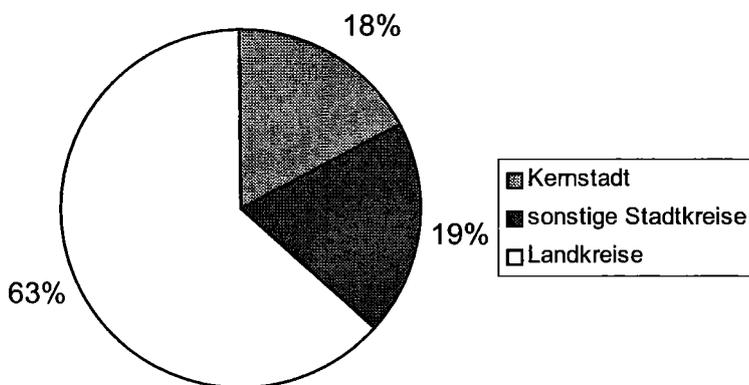


**Ballungsraum Frankfurt**

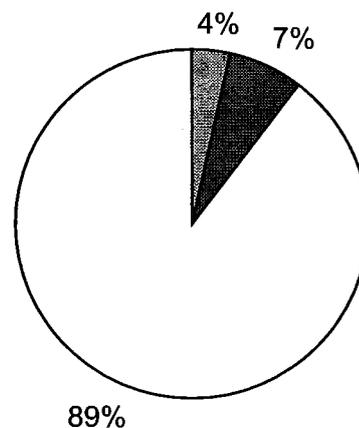
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Frankfurt am Main	650.055	248	2.617
<b>kreisfreie Städte</b>			
Darmstadt	138.980	122	1.137
Mainz	183.720	98	1.879
Offenbach	116.533	45	2.599
Wiesbaden	267.122	204	1.310
<b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b>	706.355	469	1.507
<b>alle Städte der Region</b>	1.356.410	717	1.892
<b>Landkreise</b>			
Darmstadt-Dieburg	279.066	658	424
Groß-Gerau	244.964	453	541
Hochtaunuskreis	220.008	482	456
Main-Kinzig-Kreis	401.349	1.398	287
Main-Taunus-Kreis	213.435	222	960
Mainz-Bingen	187.361	606	309
Offenbach	328.782	356	923
Rheingau-Taunus-Kreis	182.396	811	225
Wetteraukreis	283.920	1.101	258
<b>alle Landkreise</b>	2.341.281	6.088	385
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>3.697.691</b>	<b>6.805</b>	<b>543</b>

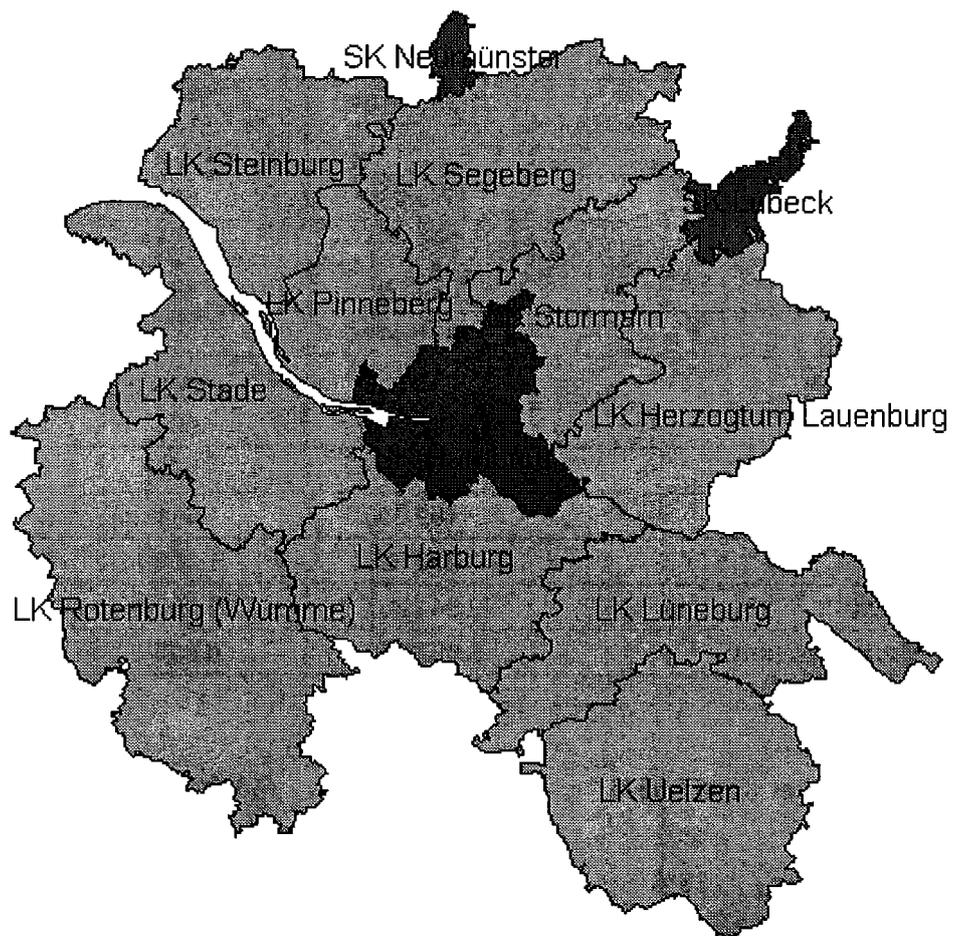
**Einwohner (3.697.691)**



**Fläche (6.805 km<sup>2</sup>)**



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

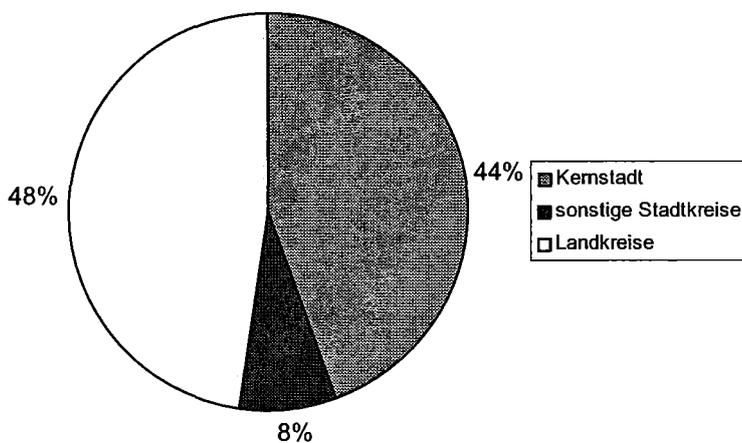


**Ballungsraum Hamburg**

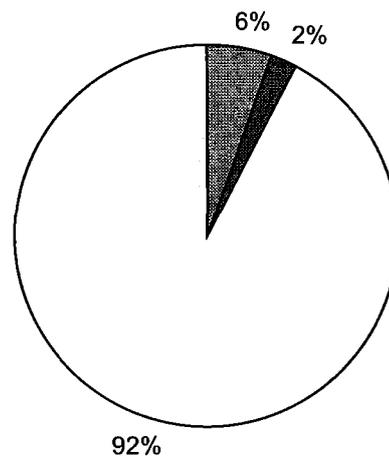
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Hamburg	1.707.901	755	2.262
<b>kreisfreie Städte</b>			
Lübeck	216.986	214	1.013
Neumünster	82.028	72	1.146
<b><i>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</i></b>	<b>299.014</b>	<b>286</b>	<b>1.047</b>
<b><i>alle Städte der Region</i></b>	<b>2.006.915</b>	<b>1.041</b>	<b>1.928</b>
<b>Landkreise</b>			
Harburg	215.975	1.245	174
Herzogtum Lauenburg	170.058	1.263	135
Lüneburg	155.893	1.322	118
Pinneberg	282.538	664	425
Rotenburg (Wümme)	152.688	2.070	74
Segeberg	237.083	1.344	176
Stade	183.728	1.266	145
Steinburg	133.184	1.056	126
Stormarn	208.861	766	273
Uelzen	95.893	1.454	66
<b><i>alle Landkreise</i></b>	<b>1.835.901</b>	<b>12.450</b>	<b>147</b>
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>3.842.816</b>	<b>13.491</b>	<b>285</b>

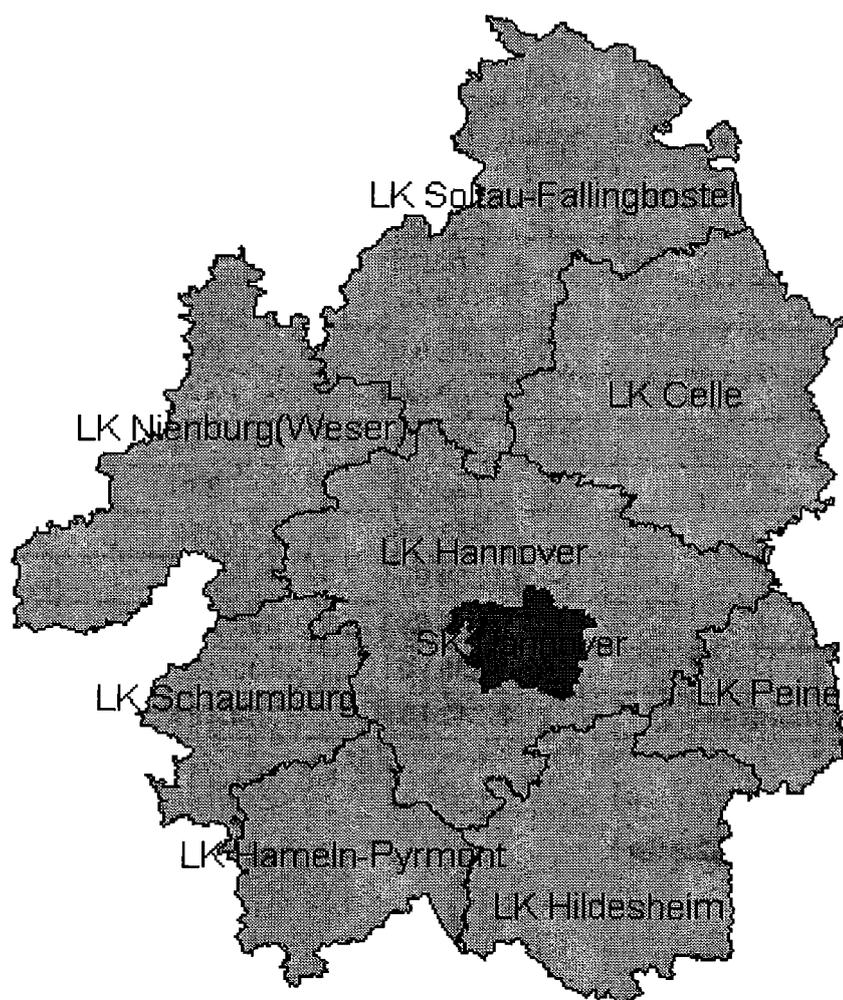
**Einwohner (3.842.816)**



**Fläche (13.491 km<sup>2</sup>)**



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region



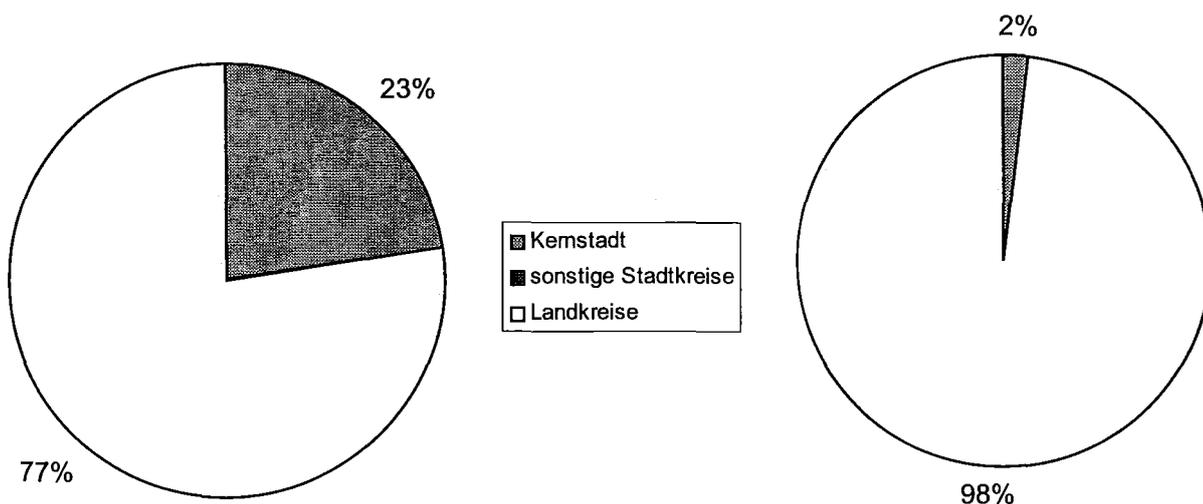
## Ballungsraum Hannover

Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

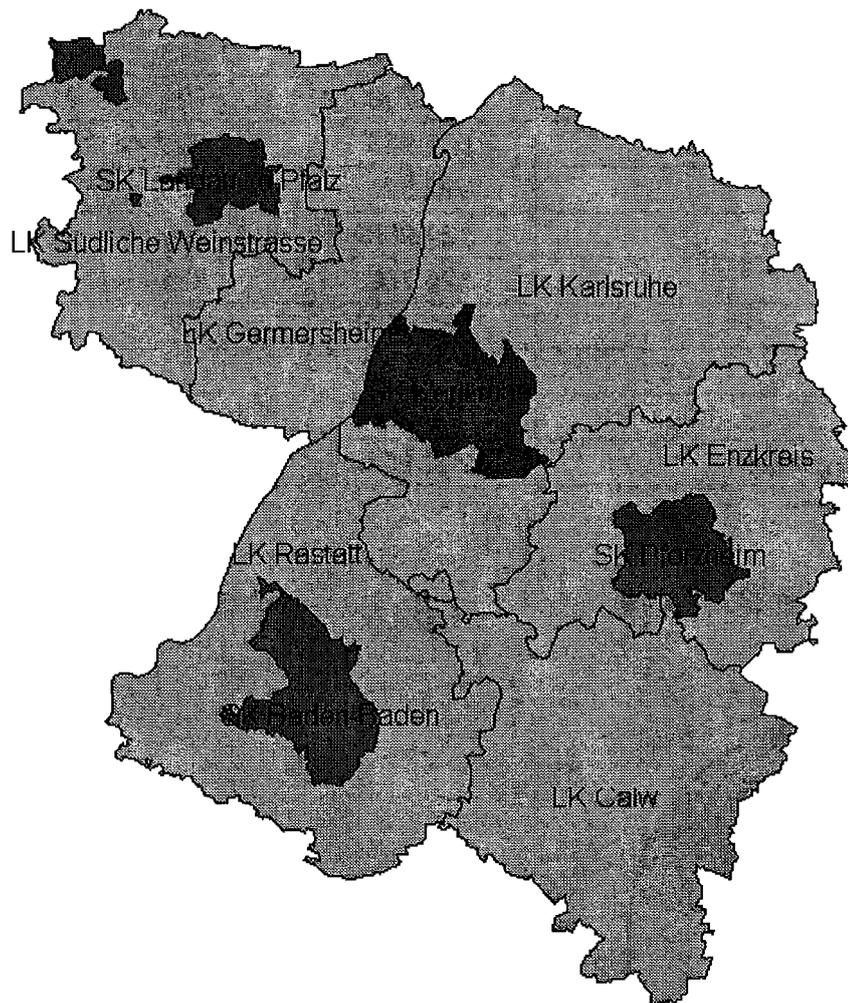
Kernstadt	Einwohner	Fläche (km <sup>2</sup> )	Dichte (Einwohner/km <sup>2</sup> )
Hannover	523.147	204	2.563
<b>kreisfreie Städte</b>	–	–	–
<i><b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b></i>	–	–	–
<i><b>alle Städte der Region</b></i>	523.147	204	2.563
<b>Landkreise</b>			
Celle	179.143	1.545	116
Hamelnd-Pyrmont	163.798	796	206
Hannover	585.946	2.086	281
Hildesheim	292.525	1.205	243
Nienburg(Weser)	124.065	1.399	89
Peine	126.780	534	237
Schaumburg	162.439	676	240
Soltau-Fallingbostel	134.811	1.873	72
<i><b>alle Landkreise</b></i>	1.769.507	10.114	175
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>2.292.654</b>	<b>10.318</b>	<b>222</b>

Einwohner (2.292.654)

Fläche (10.381 km<sup>2</sup>)



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

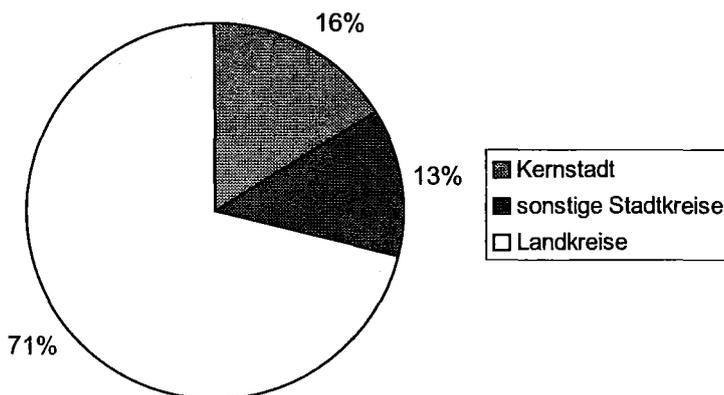


**Ballungsraum Karlsruhe**

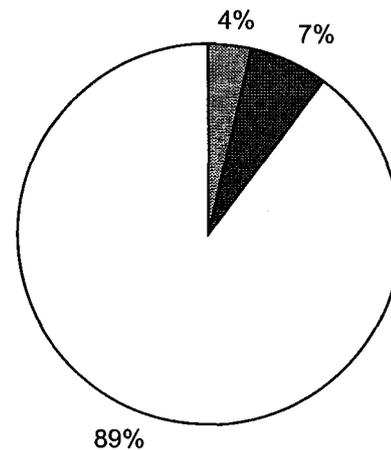
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Karlsruhe	275.690	173	1.589
<b>kreisfreie Städte</b>			
Baden-Baden	52.745	140	376
Landau i.d. Pfalz	39.842	83	480
Pforzheim	118.763	98	1.214
<b><i>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</i></b>	<b>211.350</b>	<b>321</b>	<b>659</b>
<b><i>alle Städte der Region</i></b>	<b>487.040</b>	<b>494</b>	<b>985</b>
<b>Landkreise</b>			
Calw	157.177	798	197
Enzkreis	186.812	574	326
Germersheim	118.836	463	257
Karlsruhe	405.795	1.085	374
Rastatt	218.982	739	296
Südliche Weinstrasse	106.835	640	167
<b><i>alle Landkreise</i></b>	<b>1.194.437</b>	<b>4.298</b>	<b>278</b>
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>1.681.477</b>	<b>4.793</b>	<b>351</b>

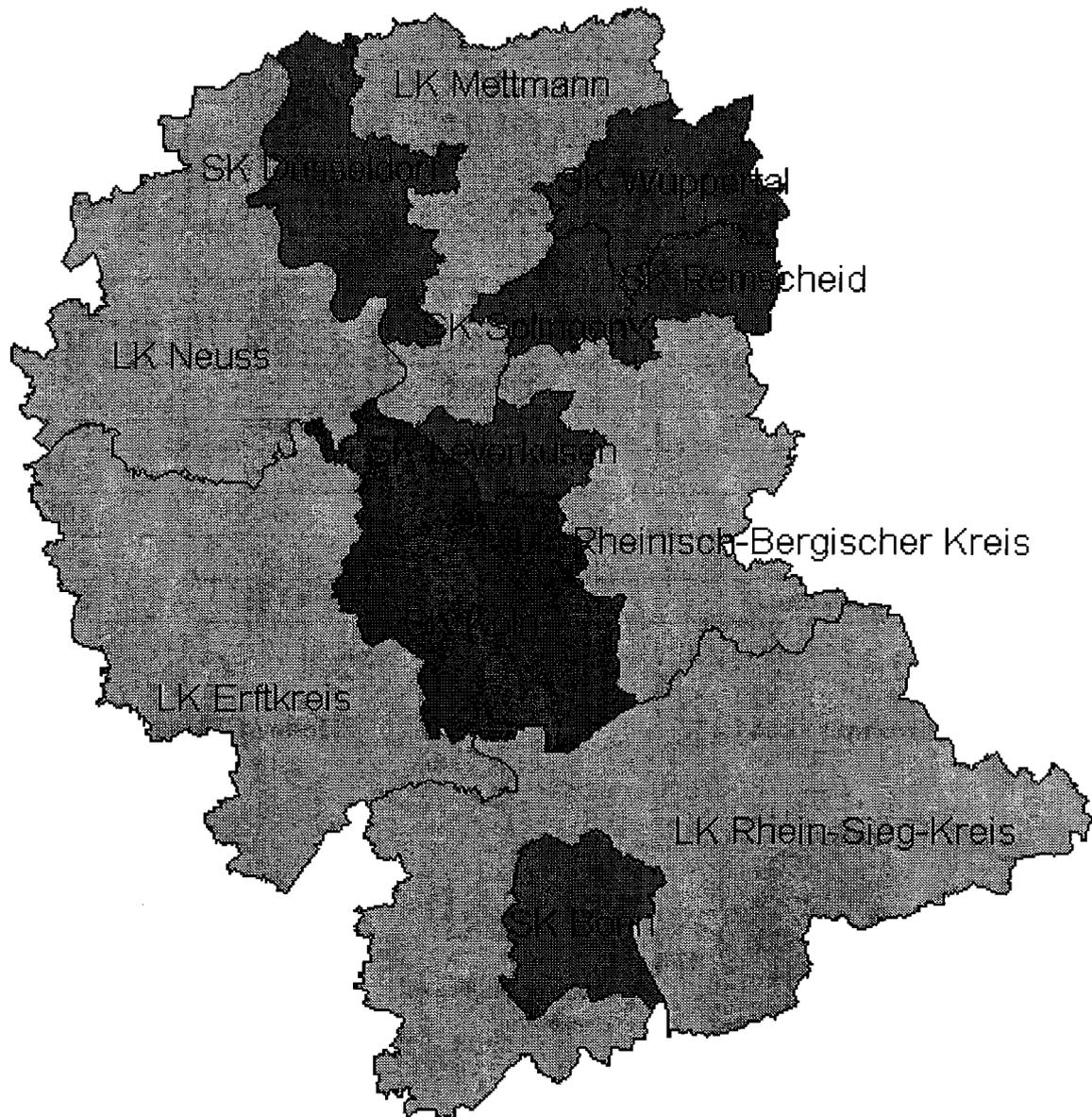
**Einwohner (1.681.477)**



**Fläche (4.793 km<sup>2</sup>)**



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

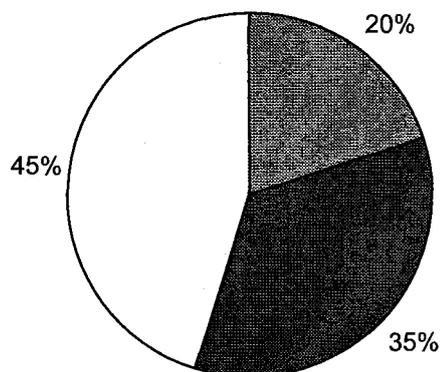


## Ballungsraum Köln

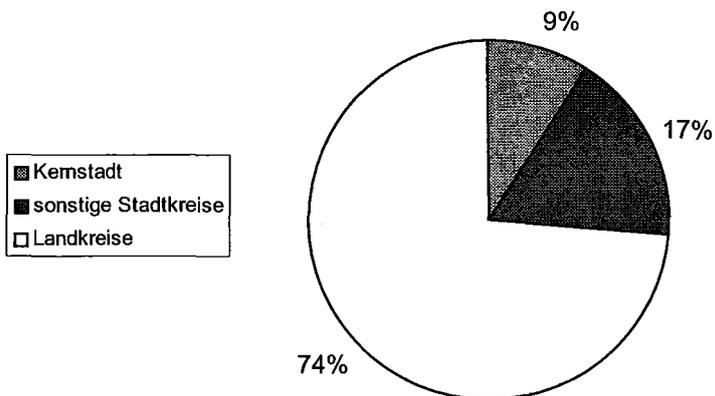
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Köln	965.697	405	2.384
<b>kreisfreie Städte</b>			
Bonn	291.431	141	2.064
Düsseldorf	571.030	217	2.632
Leverkusen	162.252	79	2.057
Remscheid	122.260	75	1.639
Solingen	165.735	89	1.853
Wuppertal	381.884	168	2.268
<b><i>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</i></b>	<b>1.694.592</b>	<b>770</b>	<b>2.202</b>
<b><i>alle Städte der Region</i></b>	<b>2.660.289</b>	<b>1.175</b>	<b>2.265</b>
<b>Landkreise</b>			
Erftkreis	442.356	705	628
Mettmann	504.698	407	1.240
Neuss	435.656	576	756
Rheinisch-Bergischer Kreis	269.541	438	616
Rhein-Sieg-Kreis	546.670	1.153	474
<b><i>alle Landkreise</i></b>	<b>2.198.921</b>	<b>3.279</b>	<b>671</b>
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>4.859.210</b>	<b>4.454</b>	<b>1.091</b>

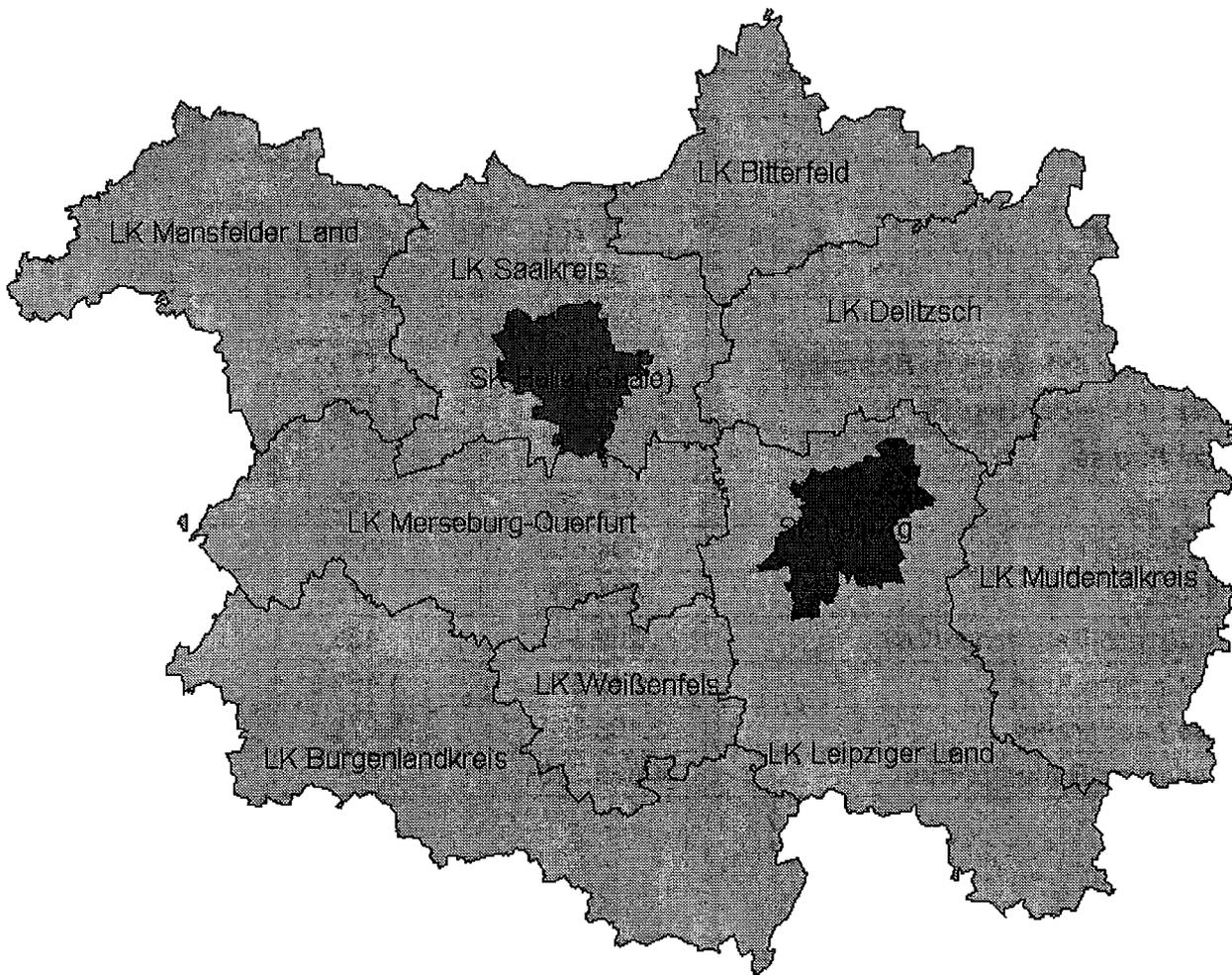
Einwohner (4.859.210)



Fläche (4.454 km<sup>2</sup>)



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

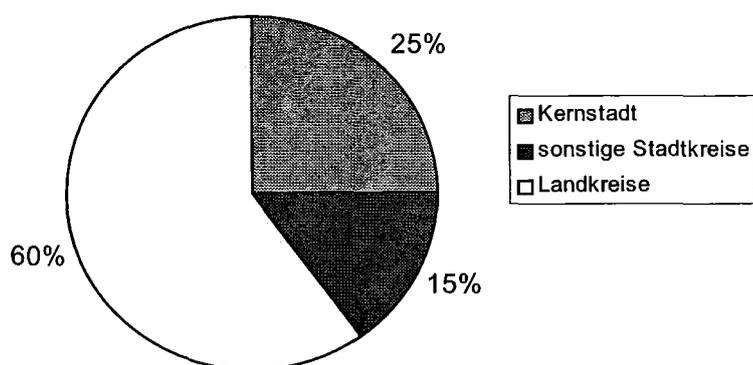


## Ballungsraum Leipzig

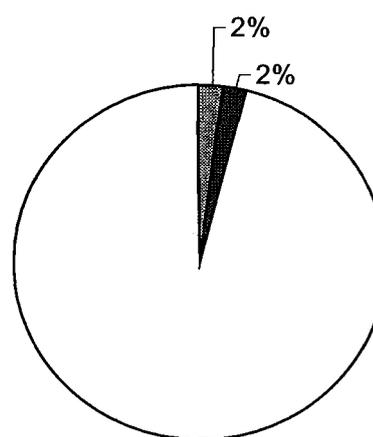
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

Kernstadt	Einwohner	Fläche (km <sup>2</sup> )	Dichte (Einwohner/km <sup>2</sup> )
Leipzig	471.420	158	2.981
<b>kreisfreie Städte</b>			
Halle (Saale)	282.784	134	2.115
<b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b>	282.784	134	2.115
<b>alle Städte der Region</b>	754.204	292	2.584
<b>Landkreise</b>			
Bitterfeld	117.583	505	233
Burgenlandkreis	149.668	1.040	144
Delitzsch	97.139	779	125
Leipziger Land	233.749	980	239
Mansfelder Land	113.869	758	150
Merseburg-Querfurt	140.569	805	175
Muldentalkreis	123.100	877	140
Saalkreis	68.803	628	110
Weißenfels	81.647	374	218
<b>alle Landkreise</b>	1.126.127	6.745	167
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>1.880.331</b>	<b>7.037</b>	<b>267</b>

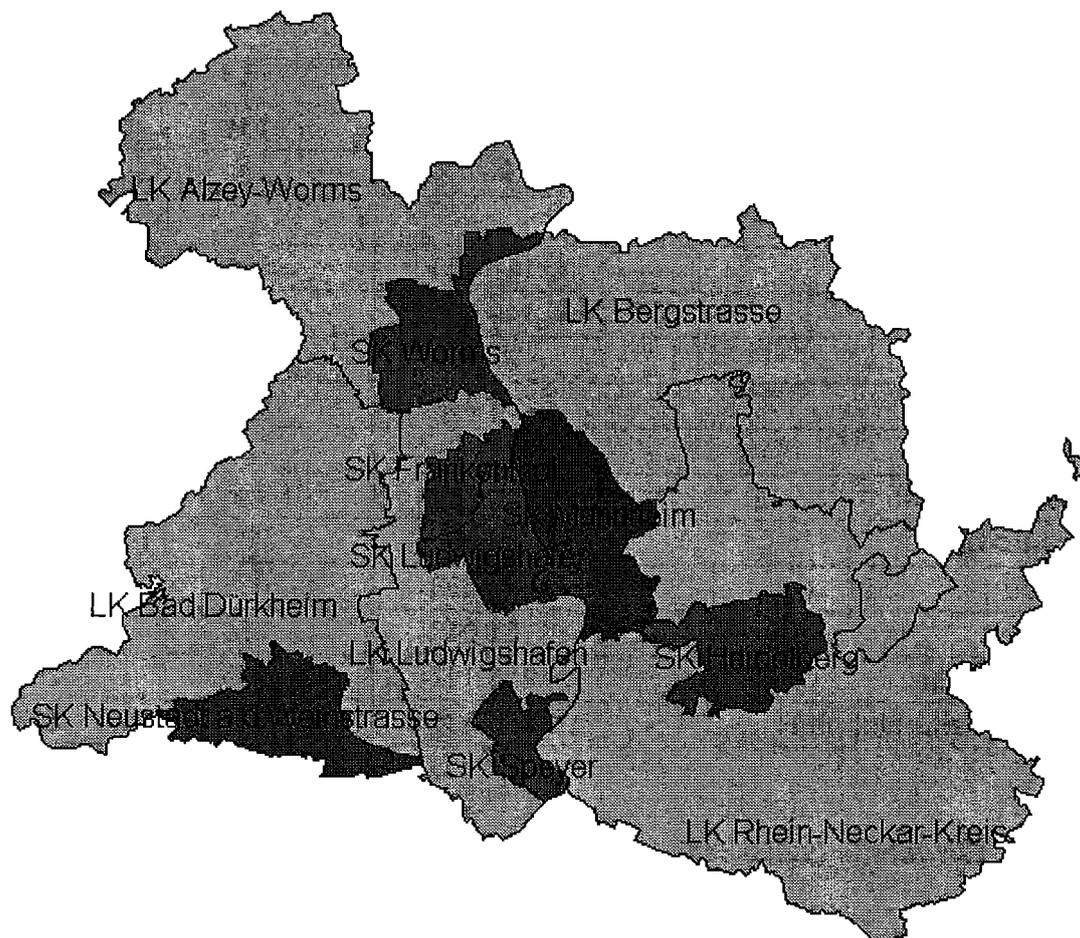
Einwohner (1.880.331)



Fläche (7.037 km<sup>2</sup>)



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

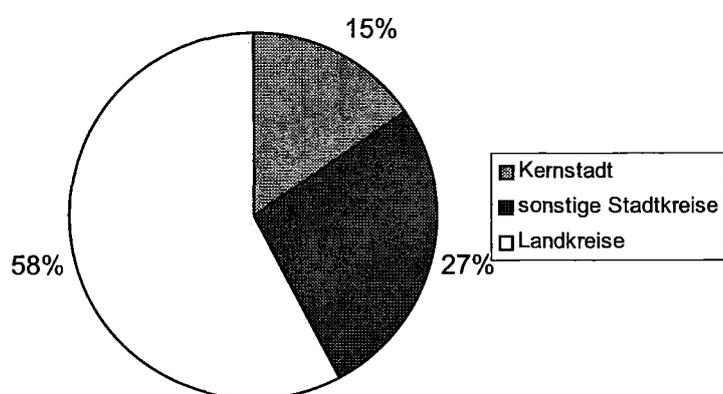


## Ballungsraum Mannheim

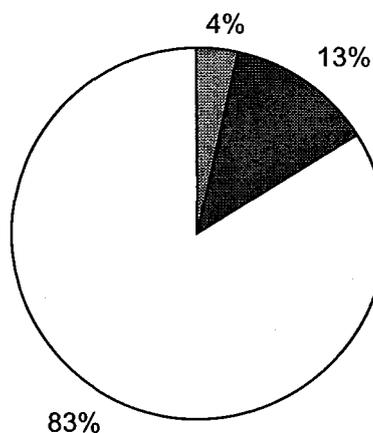
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Mannheim	311.292	145	2.147
<b>kreisfreie Städte</b>			
Frankenthal	48.371	44	1.105
Heidelberg	138.781	109	1.275
Ludwigshafen	167.369	78	2.155
Neustadt a.d.Weinstrasse	53.788	117	459
Speyer	49.664	43	1.166
Worms	80.014	109	736
<b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b>	<b>537.987</b>	<b>499</b>	<b>1.079</b>
<b>alle Städte der Region</b>	<b>849.279</b>	<b>644</b>	<b>1.319</b>
<b>Landkreise</b>			
Alzey-Worms	116.712	588	198
Bad Dürkheim	130.558	595	220
Bergstrasse	259.709	720	361
Ludwigshafen	143.416	305	470
Rhein-Neckar-Kreis	512.445	1.062	483
<b>alle Landkreise</b>	<b>1.162.840</b>	<b>3.269</b>	<b>356</b>
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>2.012.119</b>	<b>3.913</b>	<b>514</b>

Einwohner (2.012.119)



Fläche (3.913 km<sup>2</sup>)



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

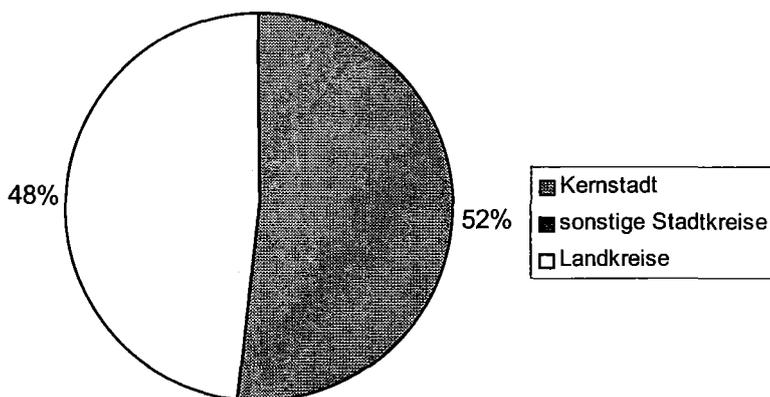


**Ballungsraum München**

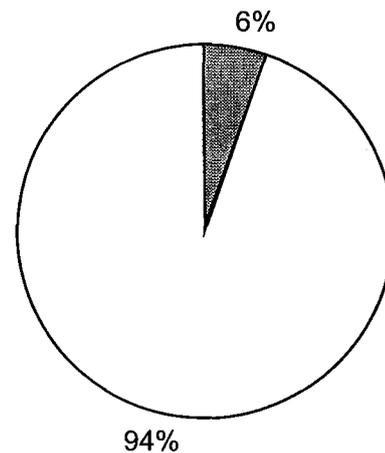
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
München	1.236.370	310	3.982
<b>kreisfreie Städte</b>	-	-	-
<i><b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b></i>	-	-	-
<i><b>alle Städte der Region</b></i>	1.236.370	310	3.982
<b>Landkreise</b>			
Dachau	122.144	579	211
Ebersberg	110.169	549	201
Erding	104.509	871	120
Freising	141.022	799	176
Fürstenfeldbruck	186.235	435	428
Landsberg a. Lech	99.557	804	124
München	279.007	667	418
Starnberg	119.523	488	245
<i><b>alle Landkreise</b></i>	1.162.166	5.193	224
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>2.398.536</b>	<b>5.504</b>	<b>436</b>

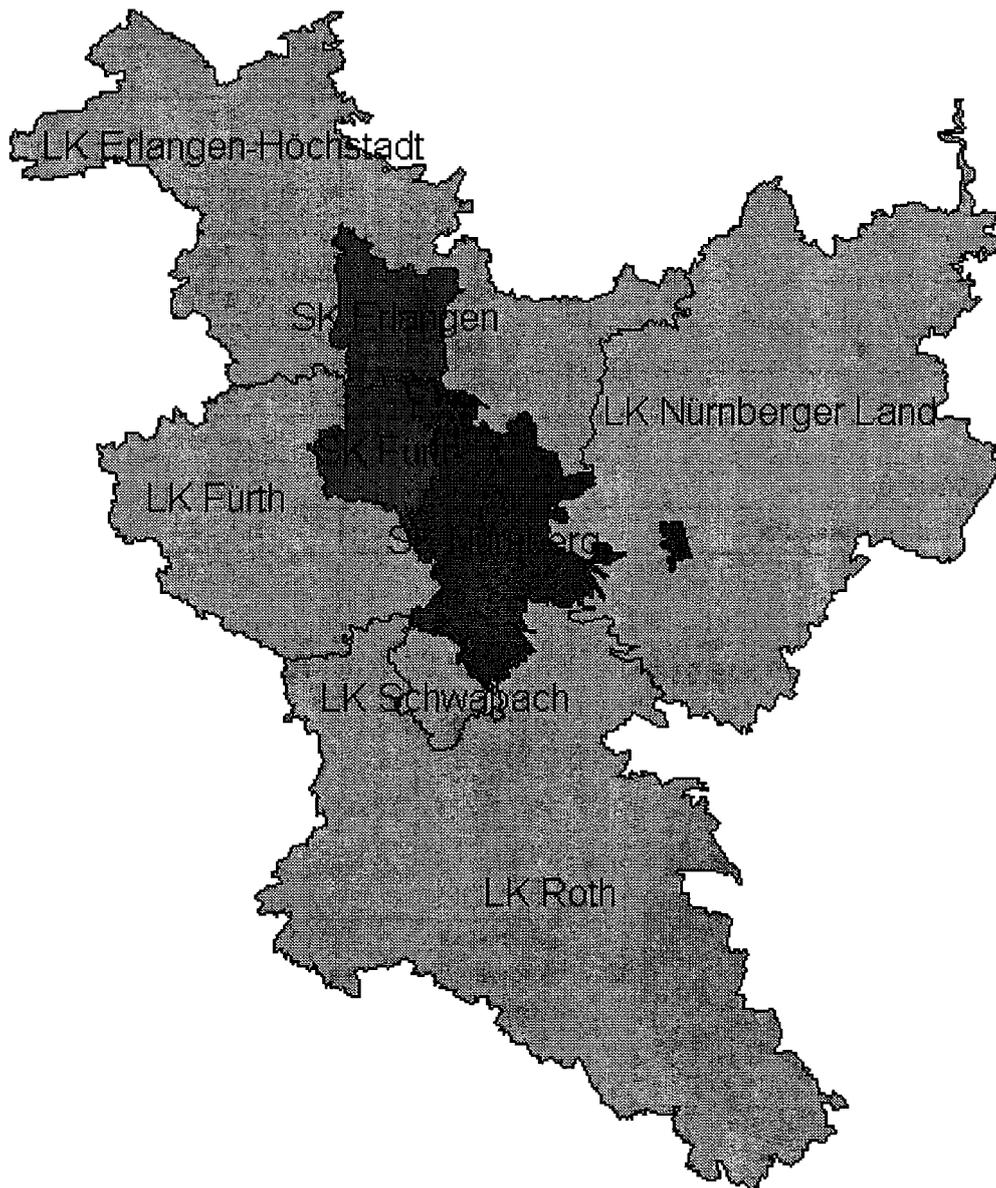
**Einwohner (2.398.536)**



**Fläche (5.504 km<sup>2</sup>)**



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

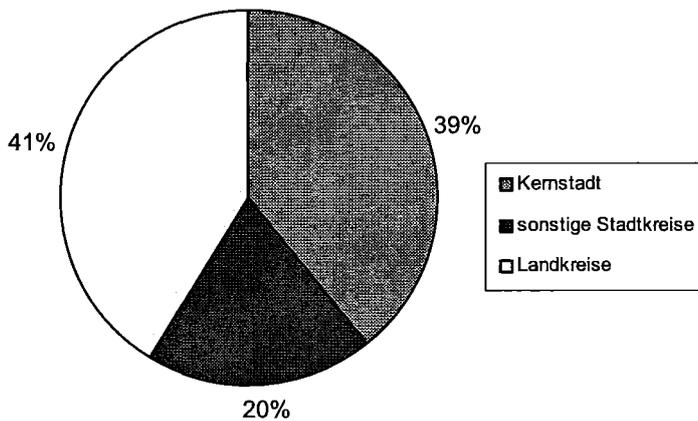


**Ballungsraum Nürnberg**

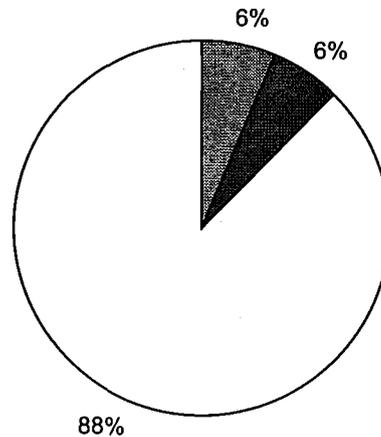
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Nürnberg	492.425	186	2.650
<b>kreisfreie Städte</b>			
Erlangen	101.406	77	1.317
Fürth	108.418	63	1.712
Schwabach	37.639	41	925
<b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b>	247.463	181	1.367
<b>alle Städte der Region</b>	739.888	367	2.017
<b>Landkreise</b>			
Erlangen-Höchstadt	124.192	565	220
Fürth	110.176	308	358
Nürnberger Land	166.156	801	207
Roth	119.572	895	134
<b>alle Landkreise</b>	520.096	2.568	203
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>1.259.984</b>	<b>2.935</b>	<b>429</b>

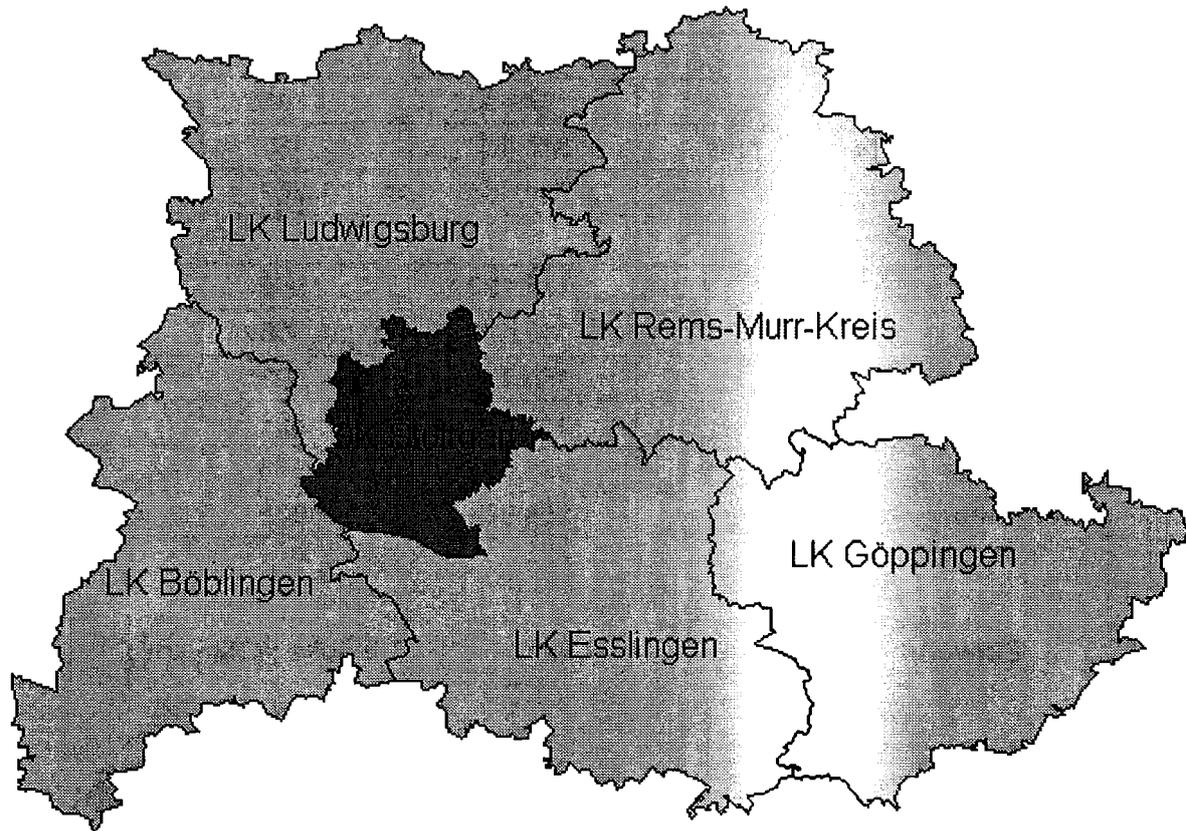
**Einwohner (1.259.984)**



**Fläche (2.925 km<sup>2</sup>)**



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region

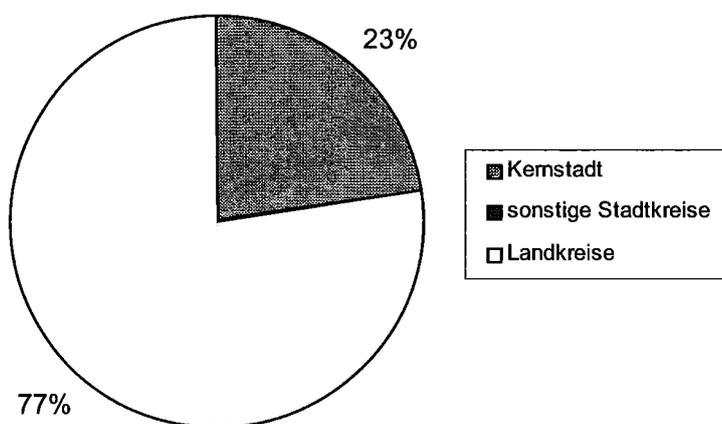


## Ballungsraum Stuttgart

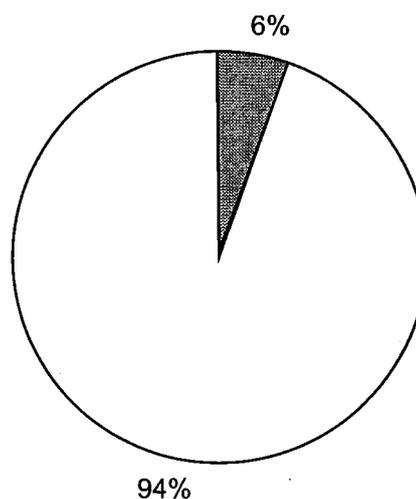
Gebietskennzahlen (Stand: 1.7.1997, Quelle: MACON)

<b>Kernstadt</b>	<b>Einwohner</b>	<b>Fläche (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Dichte (Einwohner/km<sup>2</sup>)</b>
Stuttgart	585.604	207	2.824
<b>kreisfreie Städte</b>			
-	-	-	-
<b>kreisfreie Städte ohne Kernstadt</b>	-	-	-
<b>alle Städte der Region</b>	585.604	207	2.824
<b>Landkreise</b>			
Böblingen	351.027	618	568
Esslingen	490.169	641	764
Göppingen	255.203	642	397
Ludwigsburg	485.831	687	707
Rems-Murr-Kreis	399.116	858	465
<b>alle Landkreise</b>	1.981.346	3.447	575
<b>gesamter Ballungsraum</b>	<b>2.566.950</b>	<b>3.654</b>	<b>702</b>

Einwohner (2.566.950)



Fläche (3.654 km<sup>2</sup>)



Prozentuale Anteile der Einwohner und Fläche der Stadt- und Landkreise in der Region