

Räumliche Wahlmöglichkeiten als Effizienzkriterium für Siedlung und Verkehr

Szenarien – Modellrechnung – Vergleichende Bewertung

Kasseler Dissertation

Henning Krug

Räumliche Wahlmöglichkeiten als Effizienzkriterium für Siedlung und Verkehr
Szenarien – Modellrechnung – Vergleichende Bewertung

Dissertation

von

Henning Krug

eingereicht am Fachbereich Architektur, Stadtplanung, Landschaftsplanung
der Universität Kassel

im Oktober 2005

Erklärung:

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt und andere als die in der Dissertation angegebenen Hilfsmittel nicht benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder unveröffentlichten Schriften entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht. Kein Teil dieser Arbeit ist in einem anderen Promotions- oder Habilitationsverfahren verwendet worden.

Inhaltsübersicht

0 Zusammenfassung.....	X
1 Raumwissenschaft über Erreichbarkeit.....	16
1.1 Mobilität durch Stadt.....	16
1.2 Mobilitätskriterium Räumliche Wahlmöglichkeiten.....	19
2 Eine Theorie der Wechselwirkungen von Siedlung und Verkehr.....	29
2.1 Fussgängerverkehr.....	29
2.2 Radverkehr.....	34
2.3 Motorisierter Individualverkehr.....	34
2.4 Öffentlicher Verkehr.....	37
2.5 Andere Verkehrssysteme.....	43
2.6 Wahlmöglichkeiten-relevante Siedlungsstrukturmerkmale.....	46
3 Ausgewählte Leitbilder der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung.....	55
3.1 Kompakte Stadt und Städtenetz.....	58
3.2 Autoland.....	59
3.3 Nivellierung und Differenzierung.....	60
3.4 Hypothesen einer vergleichenden Bewertung.....	62
4 Operationalisierung Räumlicher Wahlmöglichkeiten.....	65
4.1 Anwendungsbeispiel Szenarienvergleich "Lippekreis 2050".....	65
4.2 Siedlungsmodell: Flächennutzung als Gelegenheiten.....	71
4.3 Verkehrsmodell: Aufwand als Erreichbarkeit.....	96
5 Szenarien und Wahlmöglichkeiten im Landkreis Lippe 2050.....	134
5.1 Szenariobildung.....	134
5.2 Ergebnisse zu den Hypothesen.....	154
5.3 Einschätzungen zu Sicherheit und Gültigkeit.....	159
6 Differenzierung in Städtenetz und Autoland: Weiterführende Überlegungen.....	164
6.1 Wahlmöglichkeiten statt Verkehrsverhalten.....	165
6.2 "Feines Korn" statt Kommunalstatistik.....	166
6.3 Lokal urban und suburban statt Stadt und Land.....	166
6.4 Regional: Grenzenlose Siedlungsnetze statt zentralörtliche Zuordnung.....	168
6.5 Veränderte Regeln für Raum und Transport statt Planung gegen den Markt.....	169

Literaturverzeichnis

Anhang

- A) Kurzbeschreibung des Wahlmöglichkeiten-Modells
- B) Varianten und Sensitivitäten

Inhaltsverzeichnis

0 Zusammenfassung.....	X
1 Raumwissenschaft über Erreichbarkeit.....	16
1.1 Mobilität durch Stadt.....	16
1.2 Mobilitätskriterium Räumliche Wahlmöglichkeiten.....	19
1.2.1 Wahlmöglichkeiten als Effizienzkriterium.....	19
1.2.2 Wahlmöglichkeiten als Eigenschaft von Netzwerken.....	23
1.2.3 Wahlmöglichkeiten als materielle Systemeigenschaft.....	25
1.2.4 Wahlmöglichkeiten zur Integration von Siedlung und Verkehr.....	26
2 Eine Theorie der Wechselwirkungen von Siedlung und Verkehr.....	29
2.1 Fussgängerverkehr.....	29
2.1.1 Relevante Eigenschaften.....	29
2.1.2 Nähe durch Dichte, Mischung und Freiraum(netze).....	31
2.1.3 Verbindungsqualitäten durch Öffentlichkeit und Verkehrsberuhigung.....	32
2.2 Radverkehr.....	34
2.3 Motorisierter Individualverkehr.....	34
2.3.1 Relevante Eigenschaften optimierter Systeme.....	34
2.3.2 Nähe durch flächige Besiedelung und in Großeinrichtungen.....	36
2.3.3 Verbindungsqualitäten durch Trennung und Abstand.....	36
2.4 Öffentlicher Verkehr.....	37
2.4.1 Relevante Eigenschaften optimierter Systeme.....	37
2.4.2 Hohe Nutzungsdichte in kleinen Einzugsbereichen.....	40
2.4.3 Lineare und netzförmige Anordnung.....	40
2.4.4 Gleichmäßige Auslastung durch Nutzungsmischung (und Netzbildung).....	41
2.4.5 Beförderungsqualitäten durch flächensparenden Vorrang.....	42
2.4.6 Zugangsqualitäten durch Öffentlichkeit und Verkehrsberuhigung.....	43
2.5 Andere Verkehrssysteme.....	43
2.5.1 Park and Ride.....	43
2.5.2 Öffentlicher Verkehr in kleinen Behältern ("ÖMIV").....	44
2.5.3 Ersatz von physischem Verkehr durch Nachrichtenverkehr.....	45
2.6 Wahlmöglichkeiten-relevante Siedlungsstrukturmerkmale.....	46
2.6.1 Zusammenfassung nach Maßstabebenen.....	46
2.6.2 "Lokale Urbanität".....	48
2.6.2.1 Nutzungsdichte.....	48
2.6.2.2 Nutzungsmischung.....	49
2.6.2.3 Öffentlichkeit des Straßenraums.....	50
2.6.2.4 Lokale Urbanität und reale Siedlungsentwicklung.....	50
2.6.3 "Regionale Geometrien".....	51
3 Ausgewählte Leitbilder der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung.....	55
3.1 Kompakte Stadt und Städtetz.....	58
3.2 Autoland.....	59
3.3 Nivellierung und Differenzierung.....	60

3.4	Hypothesen einer vergleichenden Bewertung.....	62
3.4.1	Lokale Urbanität und Verkehrsmittel-Orientierung (Hypothese I).....	62
3.4.2	Regionale Geometrien im Umweltverbund (Hypothese II).....	63
3.4.3	Mischformen der (Re-)Urbanisierung (Hypothese III).....	64
4	Operationalisierung Räumlicher Wahlmöglichkeiten.....	65
4.1	Anwendungsbeispiel Szenarienvergleich "Lippekreis 2050".....	65
4.2	Siedlungsmodell: Flächennutzung als Gelegenheiten.....	71
4.2.1	Große Räume in feinem Korn.....	71
4.2.1.1	500-Meter-Endlosgitter als räumliches Bezugssystem.....	72
4.2.1.2	Topographische Karten und Satellitenbilder als Datengrundlagen.....	75
4.2.2	Analyse Lokaler Urbanität über Siedlungstypen.....	78
4.2.2.1	Siedlungstypen in der Topographischen Karte (TK50).....	78
4.2.2.2	Siedlungstyp und Nutzungsdichte im Quartier.....	81
4.2.2.3	Siedlungstyp und Nutzungsmischung in Block und Quartier.....	85
4.2.2.4	Siedlungstyp und Öffentlichkeit im Straßenraum.....	86
4.2.2.5	Zusammenfassung: Von der Analyse zur Planung.....	87
4.2.3	Gelegenheiten nach lokaler Urbanität und regionaler Geometrie.....	89
4.2.3.1	Verteilungsmuster von Einwohner-Arbeitsplatz-Äquivalenten.....	90
4.2.3.2	Relative Häufigkeiten.....	92
4.2.3.3	Ergebnis der Gelegenheitenmodellierung.....	94
4.3	Verkehrsmodell: Aufwand als Erreichbarkeit.....	96
4.3.1	Erreichbarkeit als Funktion des Verkehrsaufwands.....	96
4.3.1.1	Verkehrsaufwand durch Ressourcenentwertung.....	96
4.3.1.2	Zeitäquivalente des Verkehrsaufwands.....	99
4.3.1.3	Gesamtaufwand für den „besten“ Weg.....	100
4.3.1.4	Bewertung mittels Erreichbarkeitsfunktion.....	101
4.3.1.5	Modellvereinfachung konstante Auslastung von Infrastrukturen.....	105
4.3.2	Fußgänger- und Radverkehr.....	106
4.3.3	Motorisierter Individualverkehr.....	108
4.3.3.1	Fahren: Fahrgeschwindigkeit, Systemkosten und Organisationszeit... ..	108
4.3.3.2	Parken: Stellplatzkosten und Zugriffszeit.....	117
4.3.3.3	Zusammenfassung und Beispielfahrten im MIV.....	119
4.3.4	Öffentlicher Verkehr.....	121
4.3.4.1	Fahrtantritt.....	122
4.3.4.2	Fahren.....	125
4.3.4.3	Halten.....	129
4.3.4.4	Umsteigen.....	131
4.3.4.5	Zugang.....	131
4.3.4.6	Zusammenfassung und Beispielfahrten im öffentlichen Verkehr.....	131
5	Szenarien und Wahlmöglichkeiten im Landkreis Lippe 2050.....	134
5.1	Szenariobildung.....	134
5.1.1	Analyse Siedlung und Verkehr.....	134
5.1.1.1	Lokale Urbanität 1960 und 2000.....	134
5.1.1.2	Verkehrsnetze 2000.....	139

5.1.2	Entwicklung Siedlungsstruktur.....	141
5.1.2.1	Wachstumspotenzial.....	141
5.1.2.2	Umbaupotenzial.....	142
5.1.2.3	Gelegenheitencluster.....	144
5.1.3	Entwicklung Verkehrsangebote und -nachfrage.....	145
5.1.4	Fünf Szenarien.....	148
5.2	Ergebnisse zu den Hypothesen.....	154
5.2.1	Lokal: Urbanität entscheidet (Hypothese I).....	156
5.2.2	Regional: Innenentwicklung nicht vor Netzbildung (Hypothese II).....	156
5.2.3	Differenzierung klar besser als Nivellierung (Hypothese III).....	158
5.3	Einschätzungen zu Sicherheit und Gültigkeit.....	159
5.3.1	Varianten und Sensitivitäten.....	159
5.3.2	Übertragbarkeit.....	161
6	Differenzierung in Städtenetz und Autoland: Weiterführende Überlegungen.....	164
6.1	Wahlmöglichkeiten statt Verkehrsverhalten.....	165
6.2	"Feines Korn" statt Kommunalstatistik.....	166
6.3	Lokal urban und suburban statt Stadt und Land.....	166
6.4	Regional: Grenzenlose Siedlungsnetze statt zentralörtliche Zuordnung.....	168
6.5	Veränderte Regeln für Raum und Transport statt Planung gegen den Markt.....	169

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Untersuchungsdesign.....	18
Abb. 2 Ein allgemeines Modell räumlicher Wahlmöglichkeiten.....	20
Abb. 3 „Faktor 25“: Wahlmöglichkeiten-Potentiale der Siedlungsdichte.....	25
Abb. 4 Wechselwirkungen zwischen Siedlungsstruktur und Verkehr.....	27
Abb. 5 Selbstverstärkungseffekte des motorisierten Individualverkehrs.....	37
Abb. 6 Leitbilder der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung.....	57
Abb. 7 Untersuchungszusammenhang des Wahlmöglichkeiten-Modells.....	69
Abb. 8 Vergleich 25-Hektar-Gitter mit üblichen Bezugssystemen.....	75
Abb. 9 Siedlungstypen in der Topographischen Karte (TK50).....	80
Abb. 10 Bauliche Dichte von Siedlungstypen aus empirischen Studien.....	82
Abb. 11 Streudiagramm Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte nach Siedlungstypen (1987).....	83
Abb. 12 Mittelwerte Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte (1987) nach Siedlungstypen.....	84
Abb. 13 Aktivitätenspezifische Gelegenheitenverteilung.....	94
Abb. 14 Siedlungsmodell.....	95
Abb. 15 Erreichbarkeitsfunktion für motorisierte Verkehrsmittel.....	104
Abb. 16 Erreichbarkeitsfunktion für nichtmotorisierte Verkehrsmittel.....	104
Abb. 17 Konstante Auslastung im Verkehrsmodell.....	105
Abb. 18 Erreichbarkeitsmodell im Fußgänger- und Radverkehr.....	108
Abb. 19 Vergleich Fahrgeschwindigkeiten und Geschwindigkeitsäquivalente im MIV.....	117
Abb. 20 Erreichbarkeitsmodell im motorisierten Individualverkehr.....	120
Abb. 21 Vergleich Fahrgeschwindigkeiten und Geschwindigkeitsäquivalente im ÖV.....	129
Abb. 22 Erreichbarkeitsmodell im Öffentlichen Verkehr.....	132
Abb. 23 Ergebnisse der Wahlmöglichkeiten-Berechnung.....	155

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Relevante Siedlungsstrukturmerkmale nach Maßstabsebenen.....	47
Tab. 2 Leitbilder nach Hauptmerkmalen.....	56
Tab. 3 Karten und Satellitenbilder als Datengrundlagen im Vergleich.....	78
Tab. 4 Varianzanalyse Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte nach Siedlungstyp (gerundet).....	84
Tab. 5 Einwohner-Arbeitsplatz-Verhältnis nach Siedlungstypen (1987).....	86
Tab. 6 Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte der Siedlungstypen in Analyse und Planung.....	88
Tab. 7 Wege nach Aktivitäten am Zielort.....	92
Tab. 8 Verteilungsmuster der Versorgungsgelegenheiten nach Szenarien.....	93
Tab. 9 Verteilungsmuster der Freizeitgelegenheiten nach Szenarien.....	94
Tab. 10 Gelegenheiten-Aufteilung nach Szenarien.....	95
Tab. 11 MIV-Fahrsimulation innerorts.....	110
Tab. 12 MIV-Fahrgeschwindigkeiten nach Kategorie und Siedlungstyp.....	111
Tab. 13 Schätzung siedlungsstrukturell differenzierter Fahrwegkosten.....	114
Tab. 14 Spezifische Kosten und Zeitäquivalente im MIV nach Siedlungstyp (pro Pkm).....	115
Tab. 15 Geschwindigkeitsäquivalente (km/h) im MIV nach Kategorie und Siedlungstyp....	116
Tab. 16 Anlagenkosten pro Stellplatz.....	118
Tab. 17 Gesamt-Parkaufwand pro Fahrt und Person.....	119
Tab. 18 Beispielfahrten im Motorisierten Individualverkehr.....	121
Tab. 19 Taktabhängiger Zeitaufwand bei Fahrtantritt.....	124
Tab. 20 ÖV-Fahrsimulation innerorts (ohne Haltestellen).....	125
Tab. 21 Fahrgeschwindigkeit im öffentlichen Verkehr (ohne Haltestellen).....	126
Tab. 22 Fahrkosten (Cent/Pkm) und Zeitäquivalente im ÖV (ohne Haltestellen).....	128
Tab. 23 Geschwindigkeitsäquivalente (km/h) im ÖV (ohne Haltestellen).....	128
Tab. 24 Zeitäquivalenter Aufwand Haltestelle.....	130
Tab. 25 Beispielfahrten im öffentlichen Verkehr.....	133
Tab. 26 Anteile Einwohner-Arbeitsplätze nach Siedlungstypen 1960 und 2000.....	137
Tab. 27 Kontrolle der Siedlungstypenanalyse anhand von Gemeindedaten.....	137
Tab. 28 Siedlungstypenanteile der Szenarien (Einwohner-Arbeitsplätze in %).....	144

Inhaltsverzeichnisse

Tab. 29 Anteil um-/rückzubauenden Gebäudebestands (Einwohner-Arbeitsplätze in %)	144
Tab. 30 Anzahl Clustereinheiten	145
Tab. 31 Modal-Split in den maßgeblichen Siedlungstypen der Szenarien (Wege in %)	146
Tab. 32 Veränderung von ÖV-Nachfrage und -Angebot in den Szenarien	147

Kartenverzeichnis

Karte 1 Lage des Untersuchungsraums	67
Karte 2 Untersuchungsraum	135
Karte 4 Siedlungsstrukturanalyse 1960 und 2000 (Ausschnitt)	138
Karte 5 ÖV-Netze „Lippekreis“ 2000	140
Karte 6 Szenario Kompakte Stadt	149
Karte 7 Szenario Städtetz	150
Karte 8 Szenario Autoland	151
Karte 9 Szenario Nivellierung	152
Karte 10 Szenario Differenzierung	153

0 Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird eine Messgröße für die Mobilität im Personenverkehr formuliert und anhand dieser Messgröße eine vergleichende Bewertung von Szenarien der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung vorgenommen.

Räumliche Wahlmöglichkeiten beschreiben den Nutzwert von Personenverkehr. Mobilität im Sinne räumlicher Wahlmöglichkeiten sind die Freiheitsgrade der Menschen in der Auswahl ihrer räumlichen Ziele und Beziehungen (räumliche Kommunikations-/Aktivitätschancen). Sie werden gemessen als Summe möglicher Verkehrsbeziehungen eines Raumes, wobei jede Beziehung mit dem erforderlichen Verkehrsaufwand gewichtet wird (s. Kap. 1.2.1).

Verkehrsaufwand ist die Summe der durch Verkehr verursachten Kosten, Schäden und Belastungen. In einer Systembewertung ist Verkehrsaufwand möglichst vollständig zu erfassen, unabhängig von "Kosten"-Trägerschaft bzw. -Zurechnung. Räumliche Wahlmöglichkeiten stellen somit Nutzen und "Kosten" in ein Verhältnis, sie sind ein Kriterium ganzheitlicher Effizienz oder Nachhaltigkeit.

Im Unterschied zu den gebräuchlichen Mobilitätsindikatoren, zurückgelegte Entfernung, Reisezeit u. a., beschreiben räumliche Wahlmöglichkeiten nicht Verhalten, sondern Verhaltensmöglichkeiten. Letztere ergeben sich vor allem aus den materiellen Eigenschaften des Siedlungs- und Verkehrssystems (Lage zueinander, Verkehrsnetze, Verkehrswiderstände). Dagegen ist Verhalten wesentlich komplexer. Zu seiner richtigen Prognose und Interpretation müssen zusätzliche und schwerer fassbare Einflussgrößen berücksichtigt werden (Wahrnehmung, Bewertung, Information, Kostenzurechnung etc.). Außerdem können Verhaltensänderungen wie etwa Verkehrs- oder Geschwindigkeitszunahmen für sich noch nicht als Nutzengewinn interpretiert werden.

Als maßgeblich für eine Wahlmöglichkeiten-Bewertung werden alle vier klassischen Personenverkehrsarten erachtet: Fußgängerverkehr, Radverkehr, öffentlicher Verkehr und Autoverkehr. Zukünftige verkehrstechnische Optimierungen werden berücksichtigt. Sie haben jedoch keine gravierenden Auswirkungen auf die im Zusammenhang von Siedlung und Verkehr wichtigsten technisch-physikalischen Eigenschaften. Auch die Entwicklung der Telekommunikation dürfte den allgemeinen Stellenwert physischer Mobilität nicht verringern (s. Kap. 2.1 bis 2.5).

Räumliche Wahlmöglichkeiten in den verschiedenen Verkehrsarten unterliegen starken Einflüssen der Siedlungsstruktur. Die relevanten Merkmale werden zu zwei Hauptmerkmalen zusammengefasst (s. Kap. 2.6):

- **Lokale Urbanität:** Auf den Maßstabsebenen Quartier und Straßenraum sind vor allem Nutzungsdichte, Nutzungsmischung und Öffentlichkeit des Straßenraums relevant. Es werden drei Siedlungstypen unterschieden: urban, semiurban und suburban. Urban bedeutet hohe Dichte, Mischung und Öffentlichkeit und damit beste Voraussetzung für große Wahlmöglichkeiten in den Verkehrsarten des Umweltverbunds. Der suburbane Siedlungstyp ist dagegen mit hoher MIV-

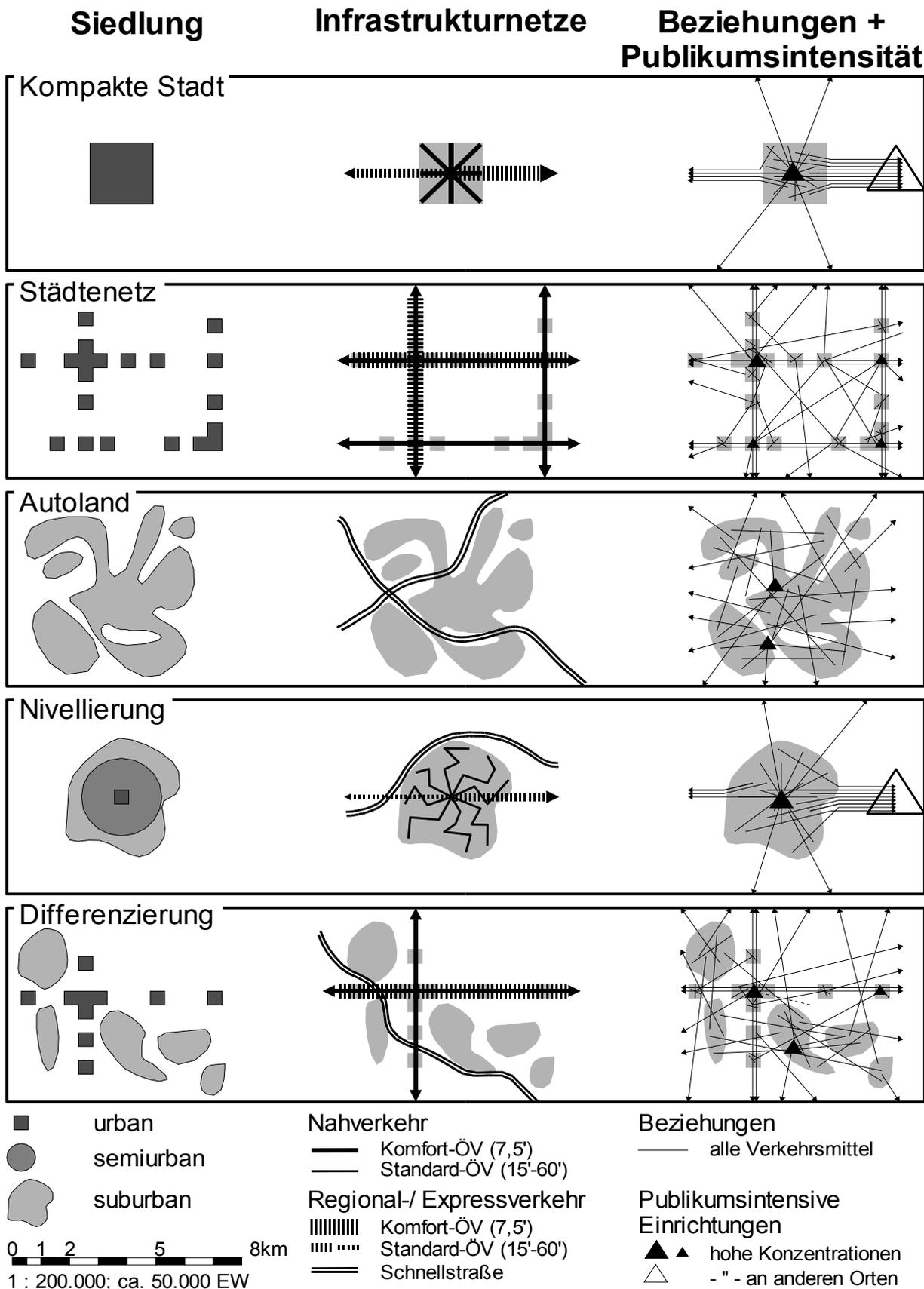
Orientierung vereinbar. Der semiurbane Siedlungstyp geht ohne besondere Orientierung auf Umweltverbund oder Autoverkehr einher.

- **Regionale Geometrie:** Auf kommunaler und regionaler Maßstabebene sind die Geometrien der Siedlungsflächen, der Verkehrsnetze und der Beziehungsmuster relevant. Bei gleichem Raumtyp bzw. gleicher Stadtgröße können insbesondere zwei Formen unterschieden werden:
 - a) sternförmige und eher großflächige Geometrien, die ihre Verkehrsgunst vor allem über die gemeinsame Zuordnung und Nähe zu einem "Zentrum" definieren und
 - b) netzförmige und eher kleinteiligere Geometrien, die ihre Verkehrsgunst vor allem über die allseitige Vernetzung definieren.

Dem Autosystem entsprechen eher netzförmige Geometrien, der Umweltverbund verhält sich uneinheitlich: Während die nichtmotorisierten Verkehrsmittel eher von der Minimierung von Randlagen in großflächigen Geometrien profitieren, setzt ein hochwertiger ÖV eine allseitige Vernetzung ohne Qualitätsbrüche und entsprechend eher netzförmige Siedlungsgeometrien voraus.

Die genannten Merkmale werden zu fünf **Leitbildern** der Siedlungs- und Verkehrsgestaltung kombiniert (s. Kap. 3 und Abbildung auf nächster Seite):

- **Kompakte Stadt** und **Städtenetz** als Leitbilder mit vorwiegend urbaner Siedlungsstruktur und hohen Anteilen des Umweltverbunds am Verkehrsaufkommen (ca. 75%). Die Kompakte Stadt weist eine großflächige ("kompakte") regionale Geometrie auf, während das Städtenetz die netzförmige Variante der Umweltverbund-Orientierung darstellt.
- **Autoland** als suburbane Zukunft mit hohen Autoverkehrsanteilen (ca. 75%) und theoretisch netzförmiger, aufgrund der flächigen Lagegunstverteilung aber eher amorpher Geometrie.
- **Nivellierung** als Zukunft ohne die Einseitigkeit der vorgenannten in Urbanität und Verkehrssystem-Orientierung. In diesem Leitbild bleiben die klassischen Ziele angeglicher Lebensbedingungen und zentralörtlicher Anbindung wirksam. Sie bedingen angesichts des Bestands von Siedlungsstruktur und Verkehrsangeboten eine Nivellierung auf mittlerem Niveau sowie sternförmige und eher großflächige regionale Geometrien.
- **Differenzierung** kombiniert die verkehrlich gegensätzlichen Verkehrs- und Siedlungssysteme Städtenetz und Autoland zu einem kleinteiligen Nebeneinander. Im Gegensatz zu Nivellierung betont dieses Leitbild vor allem die urbanen und suburbanen Pole der Siedlungsentwicklung. Es werden die spezifischen verkehrlichen und nicht-verkehrlichen Qualitäten beider Siedlungstypen geschützt und entwickelt. Dies beinhaltet eine hochwertige urban-urban-Vernetzung durch den Umweltverbund und suburban-suburban-Vernetzung durch das Auto. Die urban-suburban-Vernetzung ist jedoch in beiden Verkehrssystemen wesentlich teurer und ineffizient und daher eher schwach ausgeprägt.



Schematisch am Beispiel einer Stadt mittlerer Größe

Die Leitbilder werden im Landkreis Lippe zu konkreten **Szenarien** entwickelt und die räumlichen Wahlmöglichkeiten in allen vier Verkehrsarten berechnet. Der Zeithorizont 2050 ermöglicht eine signifikante Ausprägung der Szenarien Autoland, Nivellierung und Differenzierung. Die Fortschreibung der Siedlungsstruktur unterstellt dabei Nachfrageverschiebungen zwischen den Siedlungstypen sowie Anreize und Instrumente für Rückbau und Umbau des Bestands. Das ÖV-Angebot (in Fahrzeugkilometern) passt sich im Modell den szenariospezifischen Veränderungen des Verkehrsaufkommens vollständig an; Auslastung und spezifische Personenkilometerkosten können somit als konstant angenommen werden. Das MIV-Angebot unterscheidet sich in der Schnellstraßendichte pauschal zwischen urbanen, suburbanen und gemischten Szenarien.

Die wichtigsten Eigenschaften des verwendeten Berechnungsmodells sind (s. Kap. 4 oder Kurzfassung im Anhang):

- Feinkörnige Siedlungsstrukturanalyse (Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte) in einem 500m-Quadrat-Gitter anhand der Siedlungsmuster in der Topographischen Karte im Maßstab 1:50.000.
- Erfassung weiterer Gelegenheiten als Einwohner-Arbeitsplatz-Äquivalente.
- Vollkostenansatz: Umrechnung aller monetär bewertbaren Komponenten des Verkehrsaufwands in Zeitäquivalente bzw. Geschwindigkeitsäquivalente.
- Differenzierung der Zeit-/ und Geschwindigkeitsäquivalente nach Siedlungsstruktur in oben genannter Feinkörnigkeit.

Die Wahlmöglichkeiten-Berechnung erbringt folgende Ergebnisse (s. Kap. 5.2):

- Den Vergleich nach lokaler Urbanität gewinnt die urbane Stadt klar vor Nivellierung und Autoland: In der Kompakten Stadt betragen die Wahlmöglichkeiten im Umweltverbund ca. das Zwanzigfache des Autolands und ca. das Fünffache des Nivellierungsszenarios. Selbst im Autoverkehr bietet die Kompakte Stadt ca. doppelt so große Wahlmöglichkeiten wie Autoland oder Nivellierung.
- Zwar wurde ein Status-Quo-Szenario nicht berechnet. Die Trendentwicklung dürfte jedoch in einem Zustand zwischen Nivellierung und Autoland resultieren. Der Vergleich dieser beiden mit den urbanen Szenarien offenbart somit auch das verkehrliche Desaster der Trendentwicklung.
- Der Vergleich sternförmiger mit netzförmiger (Re-)Urbanisierung endet unentschieden. Während die Kompakte Stadt Vorteile im Fußgänger- und Radverkehr aufweist, schneidet das Städtetz im öffentlichen Verkehr besser ab. Die Mobilitätsvorteile hoher Urbanität lassen sich auch in kleinstädtischen Strukturen und in allseitigen Siedlungsnetzen realisieren.
- Die urbanen Szenarien Kompakte Stadt und Städtetz erscheinen jedoch in der hier simulierten "Reinform" als planerisches Leitbild eher ungeeignet. Sie betrachten die im Bestand großen Anteile suburbaner Siedlungsstruktur nur als Potenzial für Umbau (Urbanisierung) und Rückbau (Renaturierung). Es fehlt ein auch auf lange Sicht notwendiger konstruktiver Umgang mit Suburbanität, nicht

nur als Relikt, sondern auch als besondere Funktionalität. Von größerer praktischer Relevanz ist daher der Vergleich der Szenarien Nivellierung und Differenzierung. Dieser Vergleich ergibt klare Vorteile für das kleinteilige Nebeneinander von urbanem Städtenetz und suburbanem Autoland. Die intensive Stadt-Umland-Verflechtung und die dafür notwendige Angleichung (Nivellierung) der Verkehrsangebote zwischen urbanen und suburbanen Siedlungsstrukturen erweist sich als nachteilig. Das Szenario Differenzierung erreicht demgegenüber sogar ein ähnliches Niveau räumlicher Wahlmöglichkeiten wie das Städtenetz, trotz wesentlich geringerer urbaner Siedlungsstrukturanteile. Es zeigt somit auch, dass höchste Mobilitätsvorteile urbaner Strukturen bereits bei einer teilweisen (Re-)Urbanisierung erzielt werden können.

Aus den verwendeten Methoden und ihren Ergebnissen werden folgende Schlüsse gezogen (s. Kap. 6):

- **Wahlmöglichkeiten statt Verkehrsverhalten:** Die vorherrschenden Bewertungsverfahren in der Verkehrs- und Siedlungsplanung können die massiven Verluste an räumlichen Handlungs- und Kommunikationschancen durch Suburbanisierung, Auto-Orientierung und Stadt-Umland-Verflechtung nicht abbilden. Es wird eine stärkere Ausrichtung am Wahlmöglichkeiten-Kriterium empfohlen.
- **"Feines Korn" statt Kommunalstatistik:** Die vorherrschenden räumlichen Bezugssysteme auf der Basis von Ortsteilen oder Gemeinden verwischen die kleinstäumigen Erreichbarkeitsunterschiede im Fußgängerverkehr und im Umfeld von ÖV-Haltestellen. Es werden ein Quadratgitter mit 500 Metern Kantenlänge als Bezugssystem und Siedlungstypen der Topographischen Karte 1:50.000 als Datengrundlage empfohlen.
- **Lokal urban und suburban statt Stadt und Land:** Die klassischen Kategorien der räumlichen Planung wie Stadt und Land, Verdichtungsraum und Ländlicher Raum, Großstädtisch und Kleinstädtisch etc. können die verkehrlich maßgebliche lokale Urbanität im feinen Korn nicht abbilden. Gemäß dem Differenzierungsleitbild wird eine Polarisierung der Siedlungsstruktur in urbane und suburbane Bereiche empfohlen. Dazu gehört die Förderung der jeweils spezifischen Lagequalitäten und Funktionalitäten und damit auch eine deutliche Trennung urbaner und suburbaner Verkehrsnetze und Beziehungsmuster.
- **Regionalität durch grenzenlose Siedlungsnetze statt zentralörtliche Zuordnung:** Zentralörtliche Ordnungsvorstellungen und daraus entlehnte Begriffen wie "Zentrum und Peripherie" oder "Kernstadt und Umland" sind mit hochwertigen motorisierten Netzen im Allgemeinen und mit dem Konzept einer Differenzierung in Städtenetz und Autoland im Besonderen nicht vereinbar. Insbesondere für eine allseitige regionale ÖV-Vernetzung können kleine urbane Trittsteine in der "Peripherie" wichtiger sein als weitere (suburbane) Arrondierungen am Rand der "Kernstadt". An Autoland oder kleinteiligem Städtenetz können im Grunde alle Kommunen teil haben. Großflächige Entwicklungsbeschränkungen in der "Peripherie" sind entbehrlich.

- **Veränderte Regeln für Raum und Transport statt "Planung gegen den Markt"**: Suburbanisierung, Autoverkehrswachstum und Stadt-Umland-Verflechtung sind nicht zuletzt Folge von mindestens 70 Jahre alten Leitbildern in Planung und Politik. Die für das Differenzierungs-Szenario notwendige Phase teilsräumlicher (Re-)Urbanisierung setzt weder massive Planungszwänge "gegen den Markt" noch große Wachstumsschübe voraus. Notwendig ist aber die Überprüfung vieler weiterer Politikfelder, die auf Siedlung und Verkehr einwirken. Nur geänderte Anreize und Spielregeln können die laufenden kleinen Standort- und Verkehrsentscheidungen in eine neue, effizientere Richtung lenken. Die Neubewertung der Standorte und Verkehrsangebote vergrößert dabei auch die Entwicklungsmasse. Ein frühzeitiges, langsames Umsteuern vermeidet ernsthafte Krisen mit möglicherweise nicht mehr beherrschbaren Verkehrskosten.

1 Raumwissenschaft über Erreichbarkeit

1.1 MOBILITÄT DURCH STADT

Das Thema ist so alt wie die Raumwissenschaft: Wie soll sich eine Gesellschaft, der bestimmte Techniken der Flächennutzung und des Verkehrs zur Verfügung stehen, räumlich organisieren? Von der mittelalterlichen (Fußgänger-)Stadt bis zu den gründerzeitlichen Stadterweiterungen an Bahnhof und Straßenbahntrasse verfügt die mitteleuropäische Städtebautradition über spezifische und eindeutige Antworten auf diese Frage. Mit der Verbreitung des Autos ging diese Eindeutigkeit verloren. Die Antworten, die sich in der jüngeren Literatur finden, lesen sich wie ein Kaleidoskop postmoderner Belieblichkeit: Zwischenstadt, Netzstadt, Kompakte Stadt, Stadtlandschaft, Verstädterter Raum, Stadtregion etc. "Stadt" bleibt dabei irgendwie wichtig, ebenso "Mobilität"; jedoch ohne dass mit diesen ursprünglich zentralen Begriffen der Raumwissenschaft noch klare Aussagen verbunden wären. Ersatz ist bislang nicht in Sicht, wohl aber die Marginalisierung des Faches.

Folgende Überlegungen zu den Gründen dieser Orientierungslosigkeit sind Anlass und thematischer Rahmen dieser Arbeit:

- a) Mobilität und Erreichbarkeit haben für die räumliche Organisation von Gesellschaft seit jeher eine höchstrangige Bedeutung. Trotzdem gibt es bislang keine anerkannte Operationalisierung von Mobilität als Nutzen-Kosten-Kriterium. Fast alle verkehrlichen Bewertungsansätze verwenden ausschließlich Indikatoren des Verkehrsaufwands. Mobilität aus zurückgelegter Entfernung oder Geschwindigkeit abzuleiten war jedoch nur solange vertretbar, wie ein Ausbau motorisierter Verkehrssysteme noch Mobilitätsgewinne garantierte. Dies hat sich in der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts grundlegend geändert, einerseits durch das erreichte Niveau an Entfernung und andererseits durch seine Auswirkungen auf Siedlungsstruktur, Nähe und Ressourcenentwertung. Inzwischen wird vermutet, dass vor allem "Stadt" im Sinne einer Rückgewinnung der Nähe noch Mobilitätsgewinne verspricht. Dies zu belegen und konkrete Anforderungen an "Stadt" daraus abzuleiten, ist jedoch ohne eine Operationalisierung von Mobilität als Effizienzkriterium nicht möglich.
- b) Die technisch-physikalischen Bedingungen des Personenverkehrs der Zukunft erscheinen kontinuierlich durch die jeweils aktuellen Heilsversprechen der "Raumüberwindung" relativiert. Heute sind dies vor allem: neue Energiespeicher (Wasserstoff), die Vernetzung bis Verschmelzung von öffentlichem und Autoverkehr sowie der Ersatz von physischem Verkehr durch Datenverkehr. Längst zeichnet sich ab, dass auch diese Technologien Aufwand und Ressourcenentwertung für Kommunikation nicht wesentlich verringern werden. Jedoch verführen sie in den Debatten um Stadt und Verkehr der Zukunft immer noch zu Nachlässigkeit gegenüber den Zusammenhängen zwischen effizientem Verkehr und Siedlungsstruktur. Nach Ansicht des Verfassers sind die relevanten Eigenschaften der im Jahre 2050 oder 2100 vorherrschenden Verkehrstechniken den Heutigen weitgehend gleich.

- c) Die Konzepte der Stadt- und Regionalplanung haben bislang nur wenig gegen Suburbanisierung und Auto-Orientierung ausrichten können. Dies wird nicht selten damit erklärt, dass sich in diesen Entwicklungen die wahren Präferenzen der Akteure äußern würden. Darüber hinaus sei die zukünftige Siedlungsstruktur bereits vorhanden, da ihr Wandel nur durch selektives Wachstum und daher derzeit nicht erfolgen könne. Beides wird als Argument gegen eine Neuorientierung räumlicher Entwicklung und für konzeptionelle Zurückhaltung verwendet. Diese Argumentation verwechselt die Nachfrage (nach Einfamilienhaus und Autokilometern) mit den dahinter stehenden Präferenzen. Sie verkennt, dass Infrastrukturplanung und viele andere Politikfelder und Anreizsysteme noch immer Entfernung und Dispersion massiv subventionieren. Gezielte und aufeinander abgestimmte Reformen vorausgesetzt, erscheint eine Neubewertung der gebauten Strukturen, Standorte und Verkehrsangebote durch die Akteure selbst denkbar und in der Folge auch erhebliche Strukturänderungen im Siedlungsbestand.

Das Anliegen dieser Arbeit ist es, der raumbezogenen Wissenschaft und Planung methodische und konzeptionelle Denkansätze zur Überwindung der skizzierten Defizite an die Hand zu geben. Ausgangspunkt ist eine Querschnittsbetrachtung von Siedlung und Verkehr über den Erreichbarkeitsansatz. Erreichbarkeiten beschreiben die verkehrliche Qualität bzw. Effizienz eines Raumes, die sich aus seiner materiellen Ausstattung mit Standortstrukturen, Netzen und Widerständen ergibt. Dieser Ansatz wird seit mindestens 50 Jahren zur Bewertung räumlicher Struktur empfohlen. Die in seiner Anwendung üblichen Einschränkungen auf bestimmte Aufwandsfaktoren, Verkehrsmittel, Wegezwecke, Ziele und/oder Entfernungsbereiche lassen jedoch Aussagen in der hier beabsichtigten Tragweite nicht zu. Für Empfehlungen zu Grundorientierungen räumlicher Planung ist eine möglichst umfassende Einbeziehung aller Aktivitäten, Widerstände und Handlungsalternativen erforderlich. In dem hier gewählten Bewertungsmodell wird Mobilität vor allem als Frage individueller Alltagsorganisation begriffen; einschränkende Vereinfachungen werden soweit möglich vermieden (Kapitel 1.2).

In Kapitel 2 werden die für das Kriterium relevanten Merkmale von Verkehr und Siedlung beschrieben. Es werden dabei keine neuen Erkenntnisse im Detail gewonnen, sondern primär vorhandenes Wissen in der hier eingenommenen Sichtweise neu systematisiert (in Begriffen, Kategorisierungen, Maßstäblichkeiten etc.). Diese Überlegungen bilden die theoretische Grundlage für alle weiteren Arbeitsschritte.

Kapitel 3 kombiniert diese Merkmale zu fünf möglichen Zukünften. Sie werden als Leitbilder formuliert, in denen sich bekannte Diskussionslinien wieder finden. Hypothesen einer vergleichenden Bewertung der Leitbilder im Hinblick auf das Mobilitätskriterium schließen den theoretischen Teil der Arbeit ab. Im Weiteren werden die Hypothesen an Szenarien in einem konkreten Untersuchungsraum überprüft.

Zu diesem Zweck wird in Kapitel 4 zunächst das Mobilitätskriterium für die konkrete Fragestellung des Szenarienvergleichs verfeinert. Ergebnis von Kapitel 4 ist ein für diese Fragestellung spezifischer Rechenweg zur Quantifizierung von Mobilität (Kurzbeschreibung des Rechenmodells in Anhang A).

In Kapitel 5.1 werden die Leitbilder zu Szenarien in einem mittelstädtischen Raum (Landkreis Lippe) für das Jahr 2050 konkretisiert. Dabei spielen die Ausgangslage im Untersuchungsraum und Überlegungen zu den Veränderungspotenzialen in Siedlungs- und Verkehrsinfrastruktur die entscheidende Rolle.

Die Ergebnisse der Mobilitätsberechnung werden in Kapitel 5.2 inhaltlich erläutert und in Kapitel 5.3. methodisch bewertet. Schlussfolgerungen für Forschung, Planung und Politik werden in Kapitel 6 formuliert.

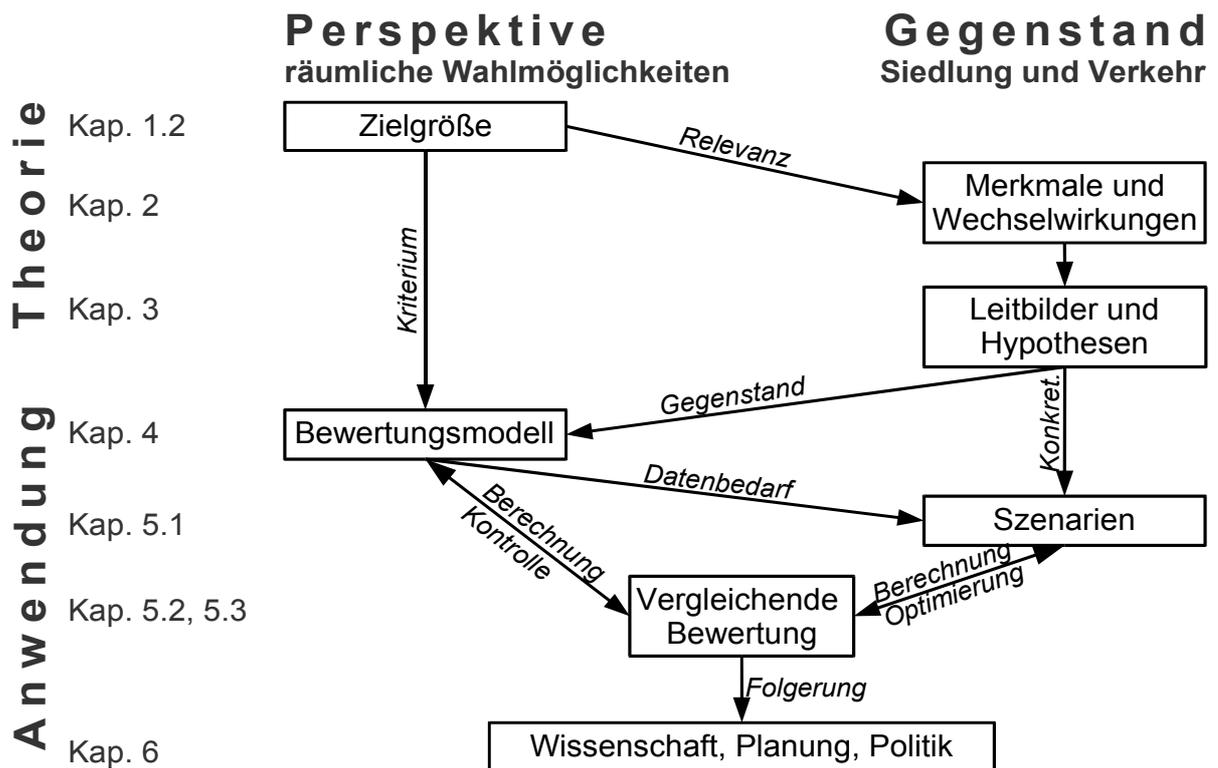


Abb. 1 Untersuchungsdesign

1.2 MOBILITÄTSKRITERIUM RÄUMLICHE WAHLMÖGLICHKEITEN

1.2.1 Wahlmöglichkeiten als Effizienzkriterium

Unter räumlichen Wahlmöglichkeiten wird hier die Eigenschaft von räumlichen Strukturen verstanden, den Menschen Freiheitsgrade in der Auswahl ihrer räumlichen Ziele und Beziehungen zu bieten.

„... the total number of opportunities may be considered as a crude proxy for the satisfaction provided at the chosen destination: where the wider the range of choice among opportunities, the higher the probability of finding a very good one for fulfilling a given trip purpose or need“ (so Koenig 1980, S.147).

Als Nutzen von Verkehr wird somit die Anzahl an Handlungsalternativen oder Wahlmöglichkeiten betrachtet. Je besser ein Verkehrssystem seine Funktion erfüllt, Gelegenheiten miteinander zu verbinden und Kontakte herzustellen, desto größer sind die räumlichen Wahlmöglichkeiten der Menschen¹.

Wahlmögliche Gelegenheiten werden von nicht wahlmöglichen unterschieden. Maßgeblich für diese Unterscheidung sind Aufwand bzw. Kosten für das Erreichen von Gelegenheiten². Somit sind Wahlmöglichkeiten ein klassisches Effizienzkriterium: Sie integrieren Nutzen und Kosten; Sie sind umso größer, je mehr Gelegenheiten mit je weniger Aufwand erreichbar sind³.

Konstituierend für räumliche Wahlmöglichkeiten sind (s. Abb. 2):

- a) Die räumliche Verteilung von **Gelegenheiten** als Eigenschaft der Siedlungsstruktur. Angebote zur Ausübung ortsgebundener (stationärer) Aktivitäten werden als potentielle Ziele, mögliche Kontakte oder eben als Gelegenheiten bezeichnet.
- b) Der **Verkehrsaufwand** als Eigenschaft der Verkehrssysteme. Als Verkehrsaufwand wird jedwede Inanspruchnahme bzw. Entwertung von knappen materiellen natürlichen oder technischen Ressourcen bezeichnet (Zeit, Raum/Fläche, Stoffe, Energie, Gesundheit, Ruhe etc).

1 Diese Definition konzentriert sich auf die Verbindungsfunktion von Personenverkehr, auf seine Eigenschaften als Mittel zur Kommunikation zwischen Menschen. Andere Beweggründe für Verkehr wie Flucht ("das Weite suchen") oder Erlebnis ("in's Blaue fahren") werden dabei bewusst ausgeblendet, wie in nahezu allen dem Verfasser bekannten verkehrlichen Bewertungsansätzen.

2 Vgl. Hägerstrand 1970, S.11ff, und 1974, S.15ff

3 Räumliche Wahlmöglichkeiten werden im Sinne eines „mehr ist besser“ interpretiert. Sättigungsgrenzen, abnehmende Grenznutzen, Nachteile von zu großer Angebotsvielfalt (Unübersichtlichkeit, Informationsaufwand) werden hier nicht thematisiert. Sie sind zweifelsohne vorhanden aber wenn überhaupt dann nur bei ausgefeilter Differenzierung nach Wegezwecken bzw. Aktivitäten quantifizierbar.

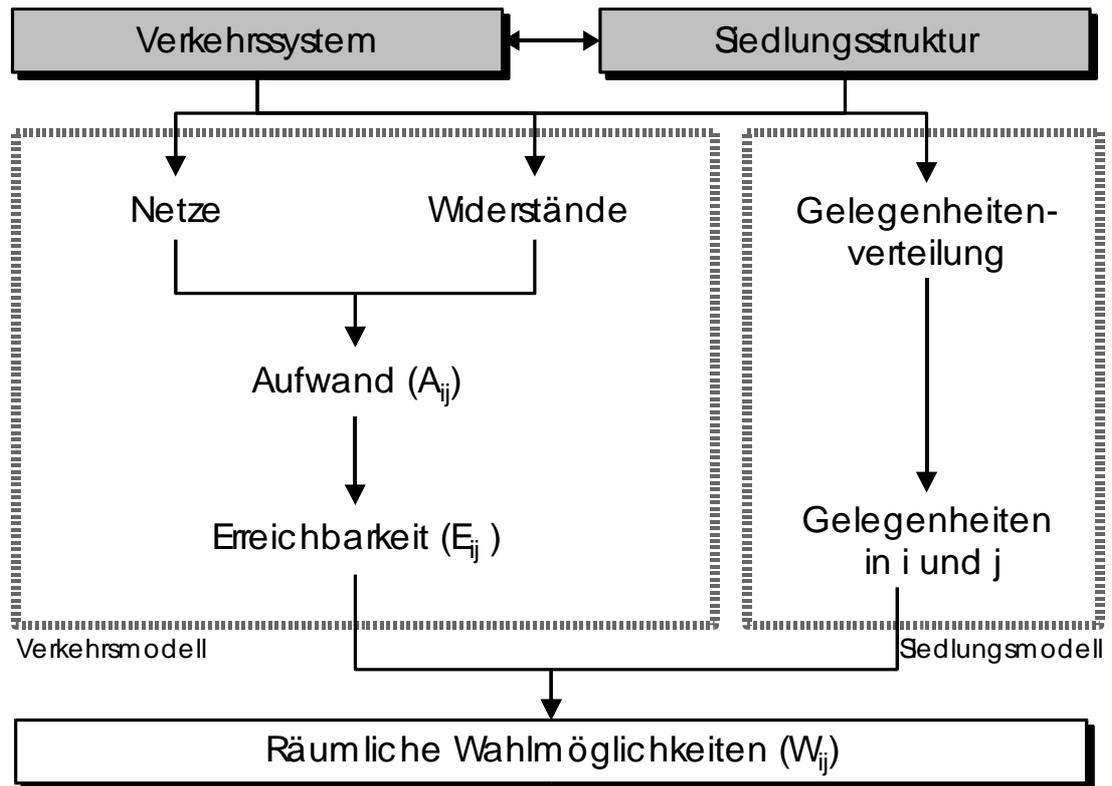


Abb. 2 Ein allgemeines Modell räumlicher Wahlmöglichkeiten

Die Bewertung kann dann erfolgen

- anhand des Verkehrsaufwands, der für eine vorgegebene Auswahl an Gelegenheiten oder Kontakte betrieben werden muss (**Aufwandsindikator**), oder
- anhand der Anzahl an Gelegenheiten oder Kontakte, die mit einem vorgegebenen Verkehrsaufwand erreicht werden können (**Nutzenindikator**).

Hier fällt die Wahl auf den Nutzenindikator, da dieser keine Vorauswahl von „wichtigen“ oder „notwendigen“ Gelegenheiten erfordert und daher für eine möglichst allgemeingültige Bewertung ohne einschränkende Vorbedingungen geeigneter erscheint. Außerdem erlaubt er eine **positive Ergebnisformulierung** als „Wahlmöglichkeiten“ statt als „Aufwand“ und drückt daher direkter den Nutzwert von Personenverkehr als Mittel der Kommunikation aus.

Beim „vorgegebenen Verkehrsaufwand“ des Nutzenindikators handelt es sich allgemein gesprochen um eine Funktion, mit der Aufwand normiert d. h. in Erreichbarkeit umgerechnet werden kann (Erreichbarkeitsfunktion). Die Erreichbarkeit ist ein dimensionsloser Wert zwischen 1 und 0. Sie gewichtet Gelegenheiten bzw. Kontakte und zwar umso schwächer, je mehr Aufwand dafür zu betreiben ist⁴. So ergeben 20 Gelegenheiten oder Kontakte mit einer Erreichbarkeit von jeweils 0,4 genauso viele Wahlmöglichkeiten wie 10 Gelegenheiten oder Kontakte mit einer Erreichbarkeit von jeweils 0,8, nämlich 8.

4 Die hier verwendeten Erreichbarkeitsfunktionen werden in Kap. 4.3.1 erläutert.

Die hoch- bis höchstrangige Bedeutung von Handlungs- oder Wahlmöglichkeiten für die Bewertung und Erklärung von Verkehrs- wie Siedlungsentwicklungen wird vielerorts betont; etwa bei Lynch (1976, S.175), Hägerstrand (1974), Molt (1989) und Curdes (1997b, S.16). Ein Modell räumlicher Wahlmöglichkeiten stellt somit ein raumzeitliches Teilmodell für ökonomische, soziale und ökologische Aspekte von Wohlstand dar⁵:

- **Ökonomisch:** Die Idee der Wahlmöglichkeiten repräsentiert die klassische wohlfahrtsökonomische Vorteilsvermutung für große Märkte, Arbeitsteiligkeit, Konkurrenz und Spezialisierung als Voraussetzung effizienter Ressourcenallokation.
- **Sozial:** Gleichzeitig lassen sich bei Differenzierung nach Verkehrsmitteln und ihrer Verfügbarkeit Fragen der Verteilungsgerechtigkeit bzw. Chancengleichheit im Sinne von Teilnahme- bzw. Zugangsmöglichkeiten beantworten.
- **Ökologisch:** Auch Fragen des Umweltschutzes können mit Wahlmöglichkeiten als Spezialfall des Allokationsziels beantwortet werden, wenn die Betrachtung von Verkehrsaufwand auf den Einsatz natürlicher Ressourcen (Energie-, Flächen-, Stoffbewertungen) bzw. auf die Einhaltung von Grenzwerten fokussiert ist.

Nahezu alle **theoretischen** Annäherungen an Mobilität, Verkehrsqualität etc. folgen diesen Überlegungen und folgern auf den Wahlmöglichkeitenbegriff oder verwandte Begriffe⁶. Umso bemerkenswerter ist, dass die politische und planerische **Praxis** kaum Verfahren anwendet, die räumliche Wahlmöglichkeiten direkt zu erfassen versuchen. Statt dessen werden Kriterien verwendet, deren Korrelation mit räumlichen Wahlmöglichkeiten sehr fragwürdig ist.

Hartnäckig hält sich im politischen Raum die naive Anschauung, das allgemeine "Verkehrswachstum", also die Zunahme der zurückgelegten Kilometer pro Person und Jahr, sei als Zunahme räumlicher Wahlmöglichkeiten zu interpretieren. Wie unsinnig und schädlich eine solche Gleichsetzung von (Verkehrs-)Aufwand und (Verkehrs-)Nutzen ("Mobilität") ist, zeigen zahllose Fachbeiträge seit den 70er-Jahren⁷.

5 Vertiefte wohlfahrtstheoretische Begründungen finden sich unter dem Begriff der "Lebenschancen" bei Dahrendorf 1979 oder unter dem Begriff der "capabilities" bei Sen und Williams 1987. Auch die Wohlfahrtsökonomie orientiert sich auf theoretischer Ebene an den Freiheitsgraden von Entscheidungssituationen. "... jedoch treten bei der Quantifizierung dieser Größen methodische und praktisch-statistische Schwierigkeiten auf. Daher wird wirtschaftliches Wachstum im allgemeinen definiert und gemessen durch die Veränderung des Produktionsergebnisses, d. h. des realen Nettosozialprodukts." (Henrichsmeyer u. a. 1988, S.549) Im begrenzten Bereich verkehrlicher "Wohlstandsökonomie" jedoch, so die hier zentrale These, sind diese Schwierigkeiten bewältigbar und die Ungenauigkeiten, Fehler und Interpretationsprobleme einer Bewertung anhand des "Produktionsergebnisses", also der Verkehrsnachfrage (s. Kap. 1.2.3), vermeidbar.

6 Ähnliche Bezeichnungen sind z. B. Aktivitätschancen bei Volkmar 1984, raumzeitliche Freiheitsgrade bei Kreibich u.a. 1987, Teilnahmechancen bei Beckmann 1988, Wahlmöglichkeiten bei Topp 1994, Wahlfreiheiten bei Sammer 1992, Möglichkeitsräume bei Canzler/Knie 1998 oder Optionsnutzen bei Willeke 1993. Zumindest in der englischsprachigen Literatur fand seit den 50er-Jahren unter dem Begriff der "accessibility" eine intensivere wissenschaftliche Auseinandersetzungen mit dem Wahlmöglichkeiten-Kriterium, seiner Operationalisierung und seinen Anwendungsbereichen statt. Fokus waren hier vor allem soziale Benachteiligungen, insbesondere nichtmotorisierter Menschen (z. B. Hansen 1959, Wachs/Kumagai 1973, Weibull 1976, Black/Conroy 1977, Breheny 1978, Moseley 1979, Morris 1979, Pirie 1979, Handy u.a. 1997,). Eine Zusammenschau der "Accessibility indicators" bieten Schürmann u.a. 1997.

Aber auch Wissenschaft und Planung tun sich schwer mit der Operationalisierung des Nutzens von Verkehr. Fast alle einschlägigen Verfahren der Maßnahmenbewertung verwenden als zentrale Bewertungskriterien wiederum Indikatoren des Verkehrsaufwandes, im Mittelpunkt steht dabei in der Regel die Reisezeit, z. T. auch unter der Bezeichnung "Erreichbarkeit"⁸. Aber auch Reisezeit ist Aufwand; "Reisezeit"gewinne bedeuten lediglich, dass eine bestimmte Verkehrsnachfrage mit weniger Aufwand erfüllt werden kann. Die Befunde konstanter oder sogar leicht zunehmender Reisezeitbudgets lassen jedoch vermuten, dass Reisezeit"gewinne" ein vorwiegend analytisches Kunstprodukt sind (vgl. Topp 1994). Also müssen auch hier wieder die statt dessen feststellbaren Zunahmen an Fahrtlängen (und damit auch Verkehrsmengen) als Indiz für einen Nutzen- bzw. Wahlmöglichkeitengewinn dienen (wie etwa Cerwenka 1999 darlegt), ohne diesen tatsächlich belegen zu können.

Das Grundproblem solch nachfrageorientierter Bewertungsansätze ist, dass sie die Gültigkeit einer Grundannahme der ökonomischen Theorie voraussetzen: die Annahme vollkommener Märkte. Diese Annahme trifft im Verkehrsbereich auf zwei schwerwiegende Einwände (vgl. Thomson, 1978 209f).

- Erstens sind die Preise des Zugangs zu und der Benutzung von Verkehrsinfrastruktur aufgrund zahlreicher externer Effekte, Kostenpauschalierungen und Fördertatbestände nicht an den Grenzkosten ausgerichtet. Solange die Nutzer ihre Zahlungsbereitschaften (in Realität oder Modellsimulation) nicht offen legen müssen, ist die (prognostizierte) Verkehrsnachfrage überhöht und darf aus Sicht der Wohlfahrtsökonomie nicht als Indikator für den sozialen Nutzen von Verkehr und nicht einmal als Maßstab für die Dimensionierung von Verkehrsinfrastruktur verwendet werden⁹.
- Zweitens können unzählige marginale Wahlentscheidungen eine nichtmarginale Veränderung herbeiführen, die vorher bei keinem Entscheidungsträger zu den Alternativen gehört hat, also weder bekannt noch beabsichtigt war. So ergeben sich etwa in der Summe marginaler Verkehrs- und Standortentscheidungen Umwälzungen der Siedlungsstruktur. Das Schlagwort vom "Verlust der Nähe" macht deutlich, dass dies erhebliche negative Konsequenzen für den verkehrlichen Nutzen in sich birgt, die in einem Nachfrage-Indikator jedoch fälschlicherweise eher positiv zu Buche schlagen: Die Erreichbarkeitsverluste werden durch Mehrverkehr ausgeglichen, der Wirkungskreis schließt sich.¹⁰

7 Z. B. Thomson 1978, Tebbe 1979, Beckmann 1988, Rommerskirchen 1991, Sammer 1992, Cerwenka 1992b, Ross 2000, Holzapfel u. a. 1988.

8 Z. B. die standardisierte Bewertung für ÖPNV-Investitionen (Intraplan oder Dobeschinsky, 2000), die Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen (Forschungsgesellschaft 1997) oder das Bewertungsverfahren Bundesverkehrswegeplan.

9 Vgl. Ewers u.a. 1997 oder Frey 1994

10 "Die Kosten dieser siedlungsstrukturellen Effekte und des erzwungenen Mehrverkehrs sollten theoretisch von den Zeitgewinnen abgezogen werden. Ein alternativer Ansatz bestünde darin, anstelle der Zeitgewinne gleich die Vergrößerung des Handlungsspielraumes zu bewerten. Für beide Ansätze fehlen derzeit methodische und empirische Grundlagen." (Winkelbauer, 1996, S.169)

Die Lösung dieser Interpretationsprobleme kann nach Ansicht des Verfassers nur darin bestehen, in Zukunft vermehrt räumliche Wahlmöglichkeiten nicht nur indirekt zu vermuten, sondern direkt als Indikator zu verwenden. Dann ist es zumindest nicht mehr möglich, die entscheidenden Fragen, welche Kosten wie hoch einzubeziehen sind und welche Wechselwirkungen etwa mit Siedlungsstruktur bestehen, durch Fortschreibung einer (zufälligen) Verkehrsnachfrage auszublenden.

Keine Lösung ist es dagegen, wie von der Nachhaltigkeitsdebatte eingeführt, statt Verkehrswachstum einfach Verkehrsrückgang (Verkehrsvermeidung, -sparsamkeit) positiv zu bewerten. Auch hier ist keine Nutzen-Kosten-Abwägung möglich (vgl. Krug 1994). Ohne Nutzen-Komponente bzw. positive Zielsetzung entsteht eine "Je-weniger-desto-besser-Philosophie", die im Einzelfall zu richtigen Ergebnissen führen mag, insbesondere wenn das Verkehrsgeschehen überhöht erscheint, aber aus gutem Grund nicht breitenwirksam ist. Mehrheitsfähige Konzepte brauchen Gewinn-Prognosen, statt (nur) Grenzwerte, Verzicht und Verlagerung¹¹. Der Nachhaltigkeitsbegriffs ist um die Nutzen-Komponente zu erweitern; Dies leistet, für den Bereich des Personenverkehrs, das Kriterium räumliche Wahlmöglichkeiten.

1.2.2 Wahlmöglichkeiten als Eigenschaft von Netzwerken

Eine wesentliche methodische Vorentscheidung betrifft die Nutzendefinition im Wahlmöglichkeiten-Kriterium. Obwohl es hier zwei grundsätzliche Varianten gibt, gleichen sich alle dem Verfasser bekannten theoretischen oder empirischen Studien: Sie betrachten Wahlmöglichkeiten aus der **Sicht eines einzelnen Akteurs**. Für diesen von Bedeutung sind lediglich die Anzahl der Gelegenheiten G in einer Zielzelle j (G_j) gewichtet mit der Erreichbarkeit des Ziels j von seinem Standort der Quelle i aus (E_{ij}). Wahlmöglichkeiten in i werden also als Produkt $G_j * E_{ij}$ berechnet. Abbildung 3 zeigt im oberen Teil zwei Beispiele für diesen Ansatz mit je fünf bzw. einer Gelegenheit in Quelle i und Ziel j . Bei einer theoretischen Erreichbarkeit (E_{ij}) von eins betragen die Wahlmöglichkeiten jeder Zelle dann fünf bzw. eins und in der Summe beider Zellen zehn bzw. zwei. Nutzen wird als Summe von Gelegenheiten¹² definiert; Koenig (1980) nennt diese Art der Operationalisierung **Gelegenheitenindikator**. Da sie der Sicht eines Nutzers entspricht, ist sie naheliegend und eingängig und – sofern sie alle für die Benutzung relevanten Verkehrsaufwände und Gelegenheiten richtig erfasst – ein geeigneter Ansatz für erklärende Aussagen zur Siedlungs- und Verkehrsentwicklung.

Der Gelegenheitenindikator beschreibt jedoch nur unvollständig den Beitrag von Siedlung und Verkehr zu Kommunikation, Austausch, Arbeitsteiligkeit, Spezialisierung etc. von bzw. in Netzwerken. Zur Bewertung von Siedlungsstrukturen

11 Vgl. die Diskussion um Effizienz statt Suffizienz etwa bei Weizsäcker u. a. 1996

12 Die entsprechende Definition räumlicher Wahlmöglichkeiten lautet dann für den Nutzenindikator: Summe gewichteter Gelegenheiten, oder allgemeiner: Möglichkeit, zur Ausübung ortsgebundener Aktivitäten, aus alternativen Gelegenheiten auszuwählen.

und Verkehrssystemen muss daher nach Ansicht des Verfassers eine andere Perspektive eingenommen werden, die in der Literatur kaum repräsentiert ist.

Aus der **Sicht von Netzwerken** ist das gesellschaftliche Verflechtungspotential des Siedlungs- und Verkehrssystems zu beschreiben, also wieviele Kontakt- und Kommunikationsmöglichkeiten sich insgesamt ergeben können. Der **Verflechtungsindikator oder Netzwerkindikator** misst daher nicht Gelegenheiten, sondern die Anzahl potentieller Kontakte aus der Beziehung zweier Verkehrszellen. Das Teilprodukt $G_i * E_{ij}$ wird ergänzt um die Anzahl an Akteuren in i , die mit den Gelegenheiten in j in Beziehung treten bzw. von diesen profitieren können. Da ein Akteur in i aus der Sicht von j wieder eine Gelegenheit (bzw. einen potentiellen Kontakt, eine potentielle Beziehung) darstellt, stehen dann die Gelegenheiten beider Zellen im Produkt¹³. Die Formel für den Verflechtungsindikator lautet daher:

$$W_{ij} = G_i * G_j * E_{ij}$$

mit

i = Zelle i

j = Zelle j

G_i = Gelegenheiten in i

E_{ij} = Erreichbarkeit von j aus i (= E_{ji})

W_{ij} = räumliche Wahlmöglichkeiten aus der Beziehung von i und j

Der Unterschied zwischen Einzelsicht (Gelegenheitenindikator) und Netzwerksicht (Verflechtungsindikator) wirkt sich vor allem dann dramatisch auf das Ergebnis aus, wenn, wie in Abbildung 3, Fälle unterschiedlicher Siedlungsstruktur verglichen werden. Unterstellt man durchaus reale Unterschiede der Gelegenheitendichte um den Faktor 5 (etwa zwischen 40 und 200 Einwohnern und/oder Arbeitsplätzen pro Hektar, vgl. Abb. 11 in Kap. 4.2.2) und vergleicht ein Zellenpaar i - j mit hoher Dichte (je fünf Gelegenheiten) und eines mit niedriger Dichte (je eine Gelegenheit), so ergibt sich bei Einzelsicht ($W_i = G_j$; $W_j = G_i$) eine Wahlmöglichkeiten-Relation in Höhe der Dichte-Relation von 5 : 1. Aus der Perspektive von Netzwerken unter Berücksichtigung aller potentiellen Kontakte ($W_{ij} = G_i * G_j$) beträgt das Verhältnis beider Zellpaare 25 : 1, was dem Quadrat der Dichte-Relation entspricht.

Das Beispiel macht deutlich, wie maßgeblich sich die Siedlungsstruktur im Verflechtungsindikator auf räumliche Wahlmöglichkeiten auswirkt. Es deutet an, welche Potentiale eine Reurbanisierung (wie in den Leitbildern Kompakte Stadt oder Städtenetz in Kap. 3) eröffnet: Während technische Betrachtungen in diversen Bereichen Effizienzfaktoren von 2 bis 4 herausstellen (vgl. Weizsäcker u. a. 1996), birgt das Verkehrs- und Siedlungssystem alleine durch die Mathematik der Dichte Effizienzfaktoren (im Sinne räumlicher Wahlmöglichkeiten) von bis zu 25. Dass dieses theoretische Potential bislang noch nicht unter Einbeziehung verstärkender Wechsel-

13 Dieser aus dem Newton'schen Gravitationsgesetz (Gravitation = Masse * Masse * f (Entfernung)) abgeleitete Ansatz wurde 1889 erstmalig auf den Personenverkehr angewandt („Lill'sches Reisegesetz“) und ist seit langem auch zentraler Algorithmus der Verkehrsverteilungsmodelle zur Berechnung der Verkehrsnachfrage zwischen Teilräumen (vgl. etwa Kirsch u.a., 1978, sowie Mäcke, 1984).

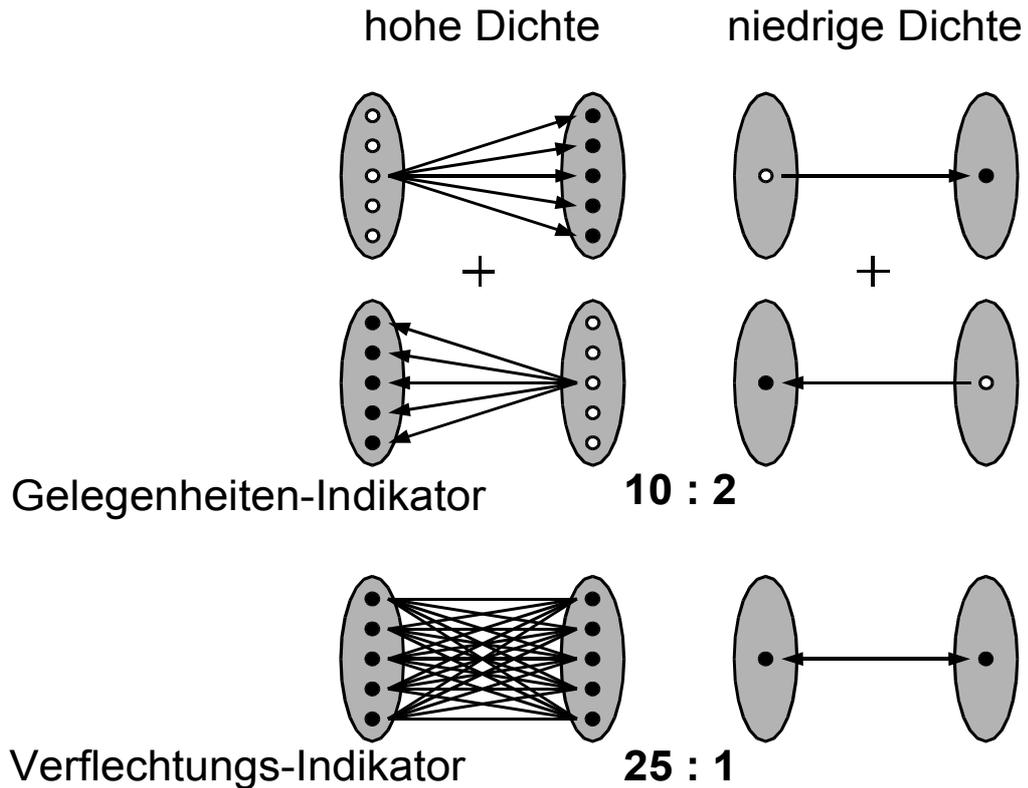


Abb. 3 „Faktor 25“: Wahlmöglichkeiten-Potentiale der Siedlungsdichte

wirkungen zwischen Siedlung und Verkehr überprüft wurde, war Hauptmotiv für diese Untersuchung¹⁴.

1.2.3 Wahlmöglichkeiten als materielle Systemeigenschaft

Eine Theorie räumlicher Wahlmöglichkeiten kann sich auf die materiellen Eigenschaften der Systeme "Verkehrsmittel" und "Siedlungsstruktur" konzentrieren, auf ihre Technik, Geometrie und Physik. Es können alle verhaltensrelevanten Faktoren ausgeblendet werden, die nicht in den Siedlungs- und Verkehrssystemen selbst, sondern in der Psyche des Nutzers oder in der planerischen und politischen Behandlung dieses Lebensbereichs verankert sind: z. B. Informiertheit bzw. mentales Abbild, subjektive Disponiertheit, staatlicher Ausbau, Förderung/Subvention bestimmter Strukturen und Systeme, externe Effekte und Kostenzurechnung etc.¹⁵

14 So erhöht z. B. eine höhere Dichte die Tragfähigkeit eines Quartiers für Nahversorgungs- oder hochwertige ÖV-Angebote. Beides verstärkt den Wahlmöglichkeiten-Effekt hoher Dichte. Die wichtigsten Wechselwirkungen werden in Kapitel 2 erläutert und in Kapitel 1.2.4 in Abb. 4 zusammengefasst.

15 Die gesamte verhaltenstheoretische Diskussion kann ausgeblendet werden (vgl. Hägerstrand 1974, S.16), angefangen von der allgemeinen Frage des freien Willens bis hin zur spezifischen Verhaltenswirksamkeit von Einzelmaßnahmen. Dürr spricht von der "black box" menschlichen Handelns (1979, 16). Seine damalige Einschätzung der Problematik von Verhaltensmodellen wird hier nach wie vor geteilt: "Die Zahl denkbarer sozioökonomischer, sozialpsychologischer und raumstruktureller Einflussgrößen ist so groß, daß bislang kein Erklärungsansatz über Teilmodelle hinausführt." (11) Übertragen

Folglich sind Wahlmöglichkeiten-Modelle wesentlich überschaubarer bzw. weniger komplex als Verhaltensmodelle oder können im Hinblick auf Gültigkeitsbereich, Sicherheit und/oder Genauigkeit daraus abgeleiteter Aussagen ein wesentlich höheres Niveau erreichen (vgl. Kutter 2001a). Die eher geringen Signifikanzen der Abhängigkeit des Verkehrsverhaltens von siedlungsstrukturellen Merkmalen befördern dagegen eher den wissenschaftlichen Streit als klare planerisch verwertbare Ergebnisse¹⁶.

Zahlreiche Autoren, etwa von Studien zur Verkehrsvermeidung durch Siedlungsstruktur, betonen daher den optionalen Charakter räumlicher Strukturen¹⁷. Die methodische Konsequenz, ergänzend oder allein diese (Handlungs-)Optionen – also räumliche Wahlmöglichkeiten – zu untersuchen, wird bislang jedoch kaum gezogen.

1.2.4 Wahlmöglichkeiten zur Integration von Siedlung und Verkehr

Die Faktoren räumlicher Wahlmöglichkeiten, Siedlungsstruktur und Verkehrssystem, unterliegen starken Wechselwirkungen (s. Abb.4)¹⁸:

- Veränderungen in der (Art der) Raumerschließung und Raumentwertung durch die Verkehrssysteme beeinflussen Gunst und Ungunst von Standorten und Standortstrukturen¹⁹;

auf Modelle des Verkehrsverhaltens weisen etwa Hall 1997, Holz-Rau 1997, Cerwenka 1992a und Würdemann 1983 auf die großen Unsicherheiten im Wissen über Kausalitäten menschlicher Reaktionsmuster hin: "Zu bedenken ist, daß das Entscheidungsfeld des Individuums im Bereich seines Mobilitätsverhaltens so vielseitig und (...) voller Substitutionsmöglichkeiten ist, daß z. Zt. aktuelle 'plausible' Verhaltensannahmen keine große Zukunftsgültigkeit der darauf aufbauenden Prognosen begründen dürften." (ders., S.407). Sen veranschaulicht die Problematik der Interpretation von Verhalten am plakativen Beispiel zweier Hungernder. Der eine hungert, weil er nichts zu essen hat, der andere fastet aus religiösen (oder gesundheitlichen oder politischen) Beweggründen. Beide tun dasselbe, doch hat der Gläubige Optionen bzw. Wahlmöglichkeiten; Sein Handeln ist daher völlig anders zu bewerten (1987, S. 36). Gerade auch im Verkehrsverhalten können sich Zwänge niederschlagen. Die Zunahmen von Wegelängen und MIV-Anteilen sind dann nicht als Erreichbarkeitsgewinne, sondern vielmehr als Verluste durch den Zwang zu mehr Verkehrsaufwand zu interpretieren.

- 16 Die Bandbreite fachlicher Einschätzung ist groß: Signifikante Wirkungen bestimmter Siedlungsstrukturen auf Wegelängen und Verkehrsmittelwahl stellen etwa Pastowski u.a. 1993, Kagermeier 1999, Schreckenberger 1999, Scheiner 2002, Heidenreich 2000, Wulfhorst u.a. 2000 und Holtzclaw 1994 fest. Laube u.a. 1999 wollen ca. 85% der Unterschiede in der Verkehrsteilnahme durch Reisezeitbudget, Verkehrsinfrastruktur und Siedlungsstruktur erklären können. Skeptischer zu dieser Frage äußern sich etwa Bahrenberg 1999 und 2002, Wegener 1998, Handy 1992 und Cervero 1988 und 1998. Nur wenige der diesen Einschätzungen zugrunde liegenden Verhaltensanalysen verwenden ausreichend feinkörnige Siedlungsmodelle (wie z. B. Kockelman 1996 bzw. hier in Kap. 4.2.1) oder berücksichtigen die nivellierende Wirkung der Verkehrsangebote (wie z. B. Schmitz 1992 oder Kaufmann 2000).
- 17 Gertz u.a. 1993, S.76. Vgl. auch Kutter/ Holz-Rau 1995, Klöckner u.a. 1999, S.84ff, sowie Dörnermann u. a. 1995, S.64.
- 18 Analysen der Literatur bzw. des State of the Art zu den Wechselwirkungen von Siedlungsstruktur und Verkehr haben Pirschner/Schaaf 1998 bzw. Wegener/Fürst 1999 veröffentlicht.
- 19 Knoflacher u. a. 1985 sprechen von der "Raumwirksamkeit von Verkehrssystemen".

- Veränderungen der Siedlungsstruktur wirken über Raumwiderstand und Gelegenheitenverteilung zurück auf den Verkehr.

Mit den Wechselwirkungen innerhalb der Teilsysteme Siedlungsstruktur und Verkehr entsteht ein sehr komplexes System, in dem die von einer Einzelmaßnahme ausgehenden Veränderungen sehr schwierig zu bilanzieren und zu bewerten sind.

- So kann z. B. innerörtlicher Straßenrückbau zunächst die Geschwindigkeiten im motorisierten Verkehr verringern. Gleichzeitig können aber auch die Geschwindigkeiten in der Quartierserschließung sowie die Qualität und Sicherheit für Fußgänger und Radfahrer von dieser Maßnahme profitieren. Desweiteren sind in der Regel Gelegenheiten-Gewinne in Menge und Qualität im Straßenumfeld angestrebt und möglich sowie eine allgemeine Aufwertung des Nahbereichs in der Konkurrenz mit entfernteren Standorten.
- Ähnliches gilt für siedlungsstrukturelle Maßnahmen wie z. B. die Verdichtung der Bebauung entlang vorhandener (innerstädtischer) Hauptstraßen. Die zunehmenden Nutzungskonflikte im Straßenraum um Flächen, Zeiten und Rechte wirken tendenziell verlangsamer auf den motorisierten Durchgangsverkehr. Gleichzeitig schafft die gewonnene Nähe zu anderen (dichten) Nutzungen, Wahlmöglichkeiten-Vorteile, die auf der um Nutzungen konkurrierenden "grünen Wiese" auch bei bester Verkehrsanbindung kaum erzielbar wären.

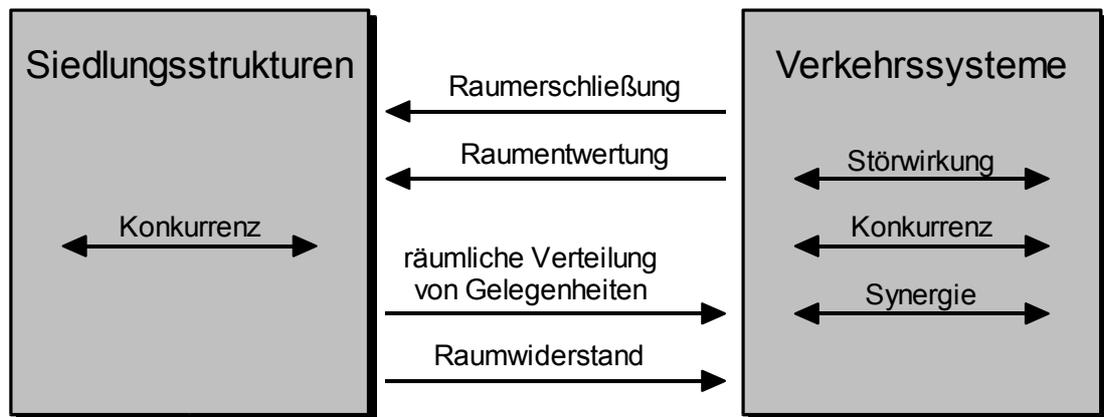


Abb. 4 Wechselwirkungen zwischen Siedlungsstruktur und Verkehr

Die Verwendung Räumlicher Wahlmöglichkeiten als Bewertungskriterium erleichtert die vielfach geforderte Berücksichtigung und Bilanzierung dieser vielen und z. T. indirekten und gegenläufigen Wirkungen aus folgenden Gründen:

- Kausalmodelle räumlicher Wahlmöglichkeiten sind weniger komplex als Kausalmodelle des Verkehrsverhaltens (s. Kap. 1.2.3). Aussagen sind daraus leichter bzw. mit einer höheren Sicherheit ableitbar.
- Siedlungsstruktur und Verkehr werden bereits auf der Ebene der Zieldefinition gleich gewichtet eingeführt. Als konstitutive Bestimmungsgrößen stehen beide im Mittelpunkt der Aufmerksamkeit (des Anwenders). Demgegenüber verleitet das

Reisezeitkriterium dazu, Auswirkungen auf die Siedlungsstruktur auszublenden (s. Kap. 1.2.1).

- Das Wahlmöglichkeiten-Kriterium ist neben Maßnahmen der Verkehrsplanung ausdrücklich genauso auch zur verkehrlichen Bewertung siedlungsstruktureller Maßnahmen und Entwicklungen geeignet. Es benötigt dazu im Gegensatz zu nachfrageorientierten Bewertungskriterien (Reisezeiten, Wegelängen o. ä.) wiederum keine (problematischen) Annahmen zu Änderungen des Verkehrsverhaltens.

In dieser Untersuchung sollen mögliche Zukünfte von Siedlungsstruktur und Verkehr bewertet werden. Grundlage für den Einsatz des Kriteriums räumlicher Wahlmöglichkeiten ist eine Theorie, die die Wechselwirkungen von Abb. 4 konkretisiert. Diese Theorie wird in Kapitel 2 entwickelt. Darauf aufbauend können dann

- Leitbilder bzw. Szenarien mit den für räumliche Wahlmöglichkeiten zweckmäßigen Begriffen, Kategorien und Maßstäblichkeiten vollständig und präzise beschrieben werden (Kapitel 3 und 5.1) und
- das Wahlmöglichkeiten-Kriterium so operationalisiert werden, dass alle wichtigen Wirkungen bzw. Nebenwirkungen berücksichtigt sind und ein möglichst realitätsnahes Ergebnis zustande kommt (Kapitel 4).

Der angestrebte Planungsbezug erfordert dabei eine breite Zusammenschau aller Verkehrsmittel, Wegezwecke und Nutzungsarten. Es werden daher keine neuen Erkenntnisse im Detail angestrebt, sondern primär vorhandenes Wissen (auch aus Studien zum Verkehrsverhalten) unter dem Wahlmöglichkeiten-Aspekt bewertet, zusammengestellt und systematisiert.

2 Eine Theorie der Wechselwirkungen von Siedlung und Verkehr

In diesem Kapitel wird das Siedlungs- und Verkehrssystem durch die Brille räumlicher Wahlmöglichkeiten betrachtet. Es wird eine Theorie räumlicher Wahlmöglichkeiten in Siedlung und Verkehr entwickelt. Ziel ist, die für dieses Kriterium relevanten Merkmale, ihre Wechselwirkungen untereinander sowie zweckmäßige Begrifflichkeiten, Typisierungen und Maßstabebenen zu bestimmen. Diese Überlegungen bilden die theoretische Grundlage für alle weiteren konzeptionellen und analytischen Arbeitsschritte, die Szenariobildung, die Formulierung von Hypothesen und die Operationalisierung des Kriteriums räumliche Wahlmöglichkeiten.

Im Unterschied zum Verhaltensansatz (etwa in Studien zur Verkehrsvermeidung) sind hier relativ sichere und eindeutige Aussagen zu erwarten, da das betrachtete Sachsystem im Wahlmöglichkeiten-Ansatz wesentlich weniger komplex ist (s. Kap. 1.2.3).

2.1 FUSSGÄNGERVERKEHR

2.1.1 Relevante Eigenschaften

Die geringe Geschwindigkeit im Fußgängerverkehr von durchschnittlich knapp 5 km/h oder 80 m/min sowie das Fehlen mittelbarer Aufwendungen (Infrastruktur, Umweltbelastung, Betriebskosten) sind wesentliche Ursache zahlreicher im Zusammenhang mit anderen Verkehrsmitteln und Siedlungsstrukturen relevanter Eigenschaften²⁰:

Entfernungsempfindlichkeit: In einschlägigen Wegemuster-Erhebungen wie der Kontiv 2002 sind regelmäßig ca. zwei Drittel aller Fußwege ein Kilometer oder kürzer²¹. Die Interpretation solcher Daten hat zu berücksichtigen, dass

- erstens sehr kurze Fußwege aus erhebungstechnischen Gründen dabei stets unterrepräsentiert sind,
- zweitens die hier nicht interessierenden Wege ohne Ziel (Spazierwege, Stadtbummel u. ä.) überdurchschnittlich lang sind und
- drittens fehlende Angebote im Nahbereich und fehlende Verkehrsmittelverfügbarkeit häufig längere Fußwege erzwingen.

Für alltägliche ortsgebundene Aktivitäten wird daher hier auf eine Aufwandsbereitschaft bzw. Erreichbarkeit geschlossen, die im Bereich zwischen 500 und 1000 Metern gegen Null geht. Wegezweckspezifische kleinräumige Untersuchungen bestä-

20 Einen Überblick über die "Systemeigenschaften" des Fußgängerverkehrs gibt Weidmann 1993.

21 Institut für angewandte Sozialwissenschaft u. a. 2003

tigen dies²². Umgerechnet auf die Fläche ergeben sich daraus Fußgänger-Einzugsbereiche bzw. „-Märkte“ zwischen 50 und 100 ha.

Umwegempfindlichkeit: Aufgrund der hohen Entfernungsempfindlichkeit wirken sich Umwege im Fußgängerverkehr sehr nachteilig auf die Erreichbarkeiten aus. Umwegfaktoren unterliegen den Einflüssen der Netzgestaltung sowie der Priorisierung von Fußgängern im Straßenverkehr.

Flächenwirkungsgrad und Verträglichkeit: Vom Fußgänger gehen kaum direkte Gefährdungen oder Störungen anderer Verkehrsteilnehmer oder bebauungsbezogener Nutzungen aus. Der aufsummierte Flächenbedarf der Fußgänger ist mit Ausnahme von Straßen extrem hoher Publikumsintensität überlagerbar mit dem Flächenbedarf an gebäudebezogenem oder ökologischem Freiraum oder mit städtebaulichen Abstandserfordernissen. Insofern spielt er als eigenständiger, zusätzlicher Flächenanspruch quantitativ kaum eine Rolle.

Anteilnahme und Interaktion: Fußgänger treten infolge geringer Geschwindigkeit und fehlender Abschottung durch eine Karosserie in intensive Beziehung zu anderen Verkehrsteilnehmern und zu Straßenumfeld und Bebauung. Sie sind die Straßenumnutzung, die am stärksten zu Belebtheit und öffentlicher Sicherheit einer Straße beiträgt und gleichzeitig davon abhängt.

Störungsempfindlichkeit: Sie ist die Kehrseite der starken Anteilnahme am Straßenleben. Keine andere Verkehrsart ist seinem Umfeld derart ausgeliefert wie das Zufußgehen; dies betrifft Gefährdungen durch Fahrzeuge, Lärm- und Geruchsbelästigungen, Monotonie und Erlebnisarmut sowie die geringe Fluchtgeschwindigkeit bei Bedrohung. Im Extremfall können solche Einflüsse für bestimmte Zeiten (Hauptverkehrszeiten, Nachtzeiten) und Nutzergruppen (Kinder, Frauen, Alte) das baulich vorhandene Netz stark ausdünnen bzw. verinseln.

Größtmögliche räumliche, zeitliche und soziale Verfügbarkeit: Fast jeder kann fast immer, fast überall und in fast alle Richtungen zu Fuß gehen. Der Fußgängerverkehr verlangt keine besondere körperliche Fähigkeit, Technik(-beherrschung) und gesellschaftliche Organisation (Verkehrsordnung etc.). Auch durch Wetter und Gepäcktransport ergeben sich nur für einen relativ geringen Wegeanteil objektive Einschränkungen.

Aus den genannten Eigenschaften ergeben sich bestimmte Anforderungen des Fußgängerverkehrs an Siedlungsstruktur und Verkehrssystem, die in den folgenden zwei Kapiteln erläutert werden.

22 So hat z. B. Holz-Rau 1991 in einer Kunden- und Haushaltsbefragung in Berlin festgestellt, dass bis zu einer Entfernung von 300m zum nächsten Lebensmittelgeschäft Einkäufe fast ausschließlich und ab einer Entfernung von 700m so gut wie gar nicht mehr zu Fuß unternommen werden.

2.1.2 Nähe durch Dichte, Mischung und Freiraum(netze)

Eine hohe **Geschossflächendichte** (Bruttogeschossfläche pro qm Bruttobauland) ist bauliche Voraussetzung einer hohen Gelegenheitendichte und damit großer Nähe. Faktoren von Geschossflächendichte sind Überbauungsgrad und Geschoszahl. Beide können nicht beliebig maximiert werden, auch unter dem Wahlmöglichkeiten-Aspekt:

- Erstens steht der Überbauungsgrad mit Freiraumangeboten in Konflikt. Je höher die bauliche Dichte, desto geringer ist das ebenfalls wahlmöglichkeiten-relevante Angebot für freiraumbezogene Aktivitäten.
- Zweitens verursacht das Stapeln von Geschossen gebäudeinternen Vertikalverkehr. Zwar sind die entsprechenden Entfernungen nur relativ kurz; die Vertikalbewegung verursacht jedoch ein Mehrfaches an spezifischem Energie- und Infrastrukturaufwand. Wird dieser in die Wahlmöglichkeiten-Betrachtung einbezogen, könnte dort ein relatives Optimum liegen, wo motorisierte Vertikalverkehrsmittel (Aufzug) als gerade noch nicht notwendig gelten, also bei etwa 4 bis 5 Vollgeschossen.

Nutzungsmischung sorgt für Nähe zwischen den Gelegenheiten unterschiedlicher Aktivitäten. Anlass eines Weges ist in der Regel der Wechsel der ortsgebundenen Aktivität. Daher kommen die Wahlmöglichkeiten-Vorteile hoher Dichte erst in Kombination mit Nutzungsmischung richtig zum Tragen. Gleichzeitig erzeugt erst hohe Dichte die Nachfrage nach unterschiedlichen Gelegenheiten im Nahbereich (z. B. durch ökonomische Tragfähigkeit) und fördert damit die Entstehung gemischter Nutzung.

Die Bedeutung von Nutzungsmischung für Nähe ist jedoch nach Aktivitäten zu differenzieren. Die vielzitierten gesellschaftlichen Trends zunehmender Auswahlsprüche durch Ausdifferenzierungen und Spezialisierungen der Aktivitäten und Märkte begrenzt die Wahlmöglichkeiten-Relevanz von Nutzungsmischung²³. Nicht nur die Arbeitsmärkte sind längst so spezialisiert, dass sie in der Regel den motorisierten Weg erfordern. Auch für die Wahl des Friseurs, des Kindergartens oder des Hausarztes, um nur wenige unverdächtige Beispiele zu nennen, sind unter Umständen Empfehlungen und spezielle Pädagogik- oder Behandlungsmethoden wichtiger als der kurze Fußweg. Dennoch können die Nahbereiche für viele gering spezialisierten Gelegenheiten – bei hoher Dichte – ausreichend tragfähig sein²⁴. Relevant für kurze

23 Etwa bei Giddens 1995.

24 Es hat unter "Stadt-Ingenieuren" eine lange Tradition, über angebotsseitige Markt-Mindestgrößen und nachfrageseitige Mindest-Auswahlsprüche Schwellenwerte der Tragfähigkeit und optimale Größen von Nachbarschaften, Quartieren, Stadtteilen, Städten u. a. abzuleiten (vgl. Albers/von Ofen 1995). Dichte, allgemeine Nah-Orientierung, MIV-Anteile, Angebotsformen etc. werden dabei jedoch nur selten thematisiert, sondern in einer dem jeweiligen Zeitgeist entsprechenden Höhe unterstellt. Eindeutige Aussagen zu tatsächlichen Tragfähigkeits-Untergrenzen von Gelegenheiten des täglichen Bedarfs können daraus nicht abgeleitet werden. Bereits die Bandbreite der Angebotsformen etwa im Lebensmittel-Einzelhandel lässt jedoch vermuten, dass dicht bebaute Fußgänger-Einzugsbereich von ca. 50ha und somit einigen Tausend Einwohnern bzw. Arbeitsplätzen auch in Zukunft ausreichend tragfähig für diverse Versorgungsgelegenheiten u. a. sein werden.

Fußwege ist nach wie vor insbesondere die Mischung von Einwohnern und Arbeitsplätzen mit Versorgungsgelegenheiten für den sogenannten täglichen Bedarf.

Die **Ausstattung mit Freiraum** wird als Gelegenheit für spezifische komplementäre Aktivitäten umso wichtiger und gleichzeitig „knapper“, je größer das Angebot an baulichen Gelegenheiten bereits ist. Auch bei hoher baulicher Dichte lassen sich attraktive Freiräume schaffen: Quantitative Voraussetzung ist ein reduzierter Flächenanspruch von MIV-Erschließung und Stellplätzen (vgl. Apel u.a. 2000). Qualitative Voraussetzung sind Vielfalt und Abstufung zwischen Privatheit und Öffentlichkeit: private Balkone und (Dach-)Terrassen, (haus-)gemeinschaftliche Gärten und Höfe, sowie Straßen, Plätze und Grünanlagen mit Wohnbereichs-, Quartiers- oder gesamtstädtischer Öffentlichkeit. Hohe bauliche Dichte steht nicht mit allen Qualitäten öffentlicher Freiräume in Konflikt, sie ist im Gegenteil für einige sogar Voraussetzung wie z. B. für "Sehen und Gesehen werden", für ein gewisses Maß an Anonymität sowie für geringe Siedlungsflächenausdehnung und folglich kurze Entfernung zu Siedlungsrand und Landschaft.

Raumbezug und Maßstäblichkeit der Aussagen zu den Merkmalen Dichte und Mischung orientiert sich an der oben beschriebenen Entfernungsempfindlichkeit des Fußgehens. Eine günstige Maßstäblichkeit sind „Quartiere“ in der Größe von 25 ha (500 x 500 m) bis 100 ha (1.000 x 1.000 m). In dieser Größenordnung liegen die meisten Gelegenheiten und insbesondere die der Versorgung des täglichen Bedarfs noch im Bereich kurzer Fußwege. Gleichzeitig sind die potentiellen Aktionsfelder der Fußgänger bereits gut mit Siedlung "gefüllt". Natürlich können auch größere Siedlungsflächen durch die Minimierung von Randlagen die Wahlmöglichkeiten im Fußgängerverkehr weiter erheblich erhöhen. Gerade bei hoher Dichte sind jedoch auch Siedlungsränder und regional vernetzte Grünflächen für die Wahlmöglichkeiten (von Freiraum) relevant und gegen weitere gebäudebezogene Gelegenheiten abzuwägen.

Für die Verteilung **publikumsintensiver Einrichtungen** insbesondere des alltäglichen Bedarfs sind Konzentrationen im Quartiersmaßstab und in der Mitte des Quartiers günstig. Eine solche Anordnung verkürzt die Entfernungen zu und zwischen den besonders Wahlmöglichkeiten-relevanten publikumsintensiven Einrichtungen.

2.1.3 Verbindungsqualitäten durch Öffentlichkeit und Verkehrsberuhigung

Ein starker **Bezug der Bebauung zur Straße** gewährleistet Kommunikation und gegenseitige Anteilnahme. Von Maß und Art der Hinwendung hängen öffentliche Sicherheit und Erlebnisreichtum im Fußgängerverkehr ab. Daher ist das städtebauliche Prinzip des „Augen auf die Straße“ (Jacobs 1963/1993) gerade in normalen Straßen ohne besondere öffentlichkeitswirksame Nutzungen sowie für Zeiten geringer Passantenfrequenz wichtig, um ein angemessenes bzw. Mindestmaß an öffentlicher Sicherheit und Anwesenheit herzustellen. Bauliches Konstruktionselement dieses Prinzips ist eine Gebäudestellung längs zur Straße mit häufigen straßenseitigen Ge-

bäudeeingängen und Aufenthaltsräumen (tags wie nachts und insbesondere auch im Erdgeschoss) und in geringem Abstand²⁵.

Kleinteilige Nutzungsmischung unterschiedlicher Rhythmen und Lageansprüche begünstigt eine gleichmäßige zeitliche und räumliche Verteilung von Anwesenheit (Tag- und Nacht- bzw. Werktags- und Wochenendbevölkerung). Sicht-, Hör- und Eingriffsweiten von bis zu 50 Metern bestimmen die hier relevante Maßstäblichkeit von Nutzungsmischung und Straßenbezug. Eine so kleinteilige Nutzungsmischung ist zumindest in ihren baulichen Bedingungen durchaus planbar. Bauliche Voraussetzung sind kleinteilige Kontraste an Lage- und Freiraumqualität (in Erschließung, Präsentation, Einsehbarkeit, Anteilnahme, Immissionen, Freiraumgestaltung u.a.) sowie die Anpassungsfähigkeit der Bebauung an wechselnde Nutzungsansprüche (z. B. durch Wandelbarkeit der Rückseiten zwischen Garten, Rückgebäude, EG-Erweiterung etc.). Funktionale Bedingung sind Mindestwohn- bzw. -gewerbeanteile.

Gemeinsame Netze aller Verkehrsarten sowie ein **engmaschiger offener Stadtgrundriss** sind weitere Voraussetzungen für hohe Verbindungsqualitäten im Fußgängerverkehr. Auch langsame Autonutzer leisten einen Beitrag zur öffentlichen Sicherheit, insbesondere zu Zeiten geringer Frequentierung. Erst Masse und Geschwindigkeit kehren ihre Wirkung auf den Fußgängerverkehr ins Schädliche um. Zusätzliche Fuß- und Radwege abseits von Straßen können dies zwar umgehen, ziehen aber weiteres Leben von den Straßen ab und werden spätestens bei Dunkelheit häufig selbst zum „Angstraum“. Auch am Ende einer Sackgasse geht die Öffentlichkeit gegen Null. Eine engmaschige Vernetzung in alle Richtungen verkürzt dagegen die Entfernungen gerade im Nahbereich und schafft Vielfalt und 'Wahlmöglichkeit' an Wegstrecken (vgl. Protze 1998).

Mit **Verkehrsberuhigung in der Straße und am Auto** werden weitere relevante Merkmale eines attraktiven und sicheren Fußgängerverkehrs umschrieben. Eine fußgängerorientierte Straßengestaltung betont Straßenumfeld und örtliche Besonderheit statt Fahrdynamik. Rücksichtnahme und angepasstes Fahrverhalten werden bereits erheblich erleichtert, wenn die Gestaltung statt der Verkehrsanlage den Wert und die Funktion als bebauungsbezogener und öffentlicher Freiraum in den Vordergrund rückt. Auch die Bemessung der Fahrflächen beinhaltet heute erhebliche Potenziale für eine fußgängerfreundlichere Flächenaufteilung²⁶.

Die hier relevanten Potentiale der Kfz-Technik liegen vor allem in einer Stadtverkehrs-gerechten Steuerungselektronik und einer generellen Optimierung der Fahrzeugkonzepte auf geringe und mittlere Geschwindigkeit. Ein Großteil der Schadwirkungen des MIV lassen sich bereits durch langsamere und stetigere Fahr- und Betriebsabläufe vermeiden (elektronisch zuschaltbare Tempo- und Drehzahlbegrenzung, Bremsenergiespeicher, Motor-Aus-Automatik etc.; vgl. Winning 1999a). Ein Verzicht auf die im Gesamtsystem marginale Bedeutung der wenigen Betriebsstunden bei über 130 km/h könnte durch Umstellung diverser Komponenten (Leichtbau, Getriebespreizung, Gummimischung etc.) wesentlich stadtverträglichere Fahrzeuge ermöglichen.

25 Vgl. auch Apel 1995, Curdes 1997a, Feldtkeller 1994.

26 Vertiefung sowie weitere Aspekte siehe Apel 1995, Topp 1987, Winning 1998a.

2.2 RADVERKEHR

Die für den Fußgängerverkehr beschriebenen Eigenschaften treffen alle prinzipiell auch auf den Radverkehr zu. Daraus folgen gleichgerichtete Zusammenhänge und zumeist gleiche Anforderung an Siedlungsstrukturen höchster Wahlmöglichkeiten im Radverkehr. Der entscheidende Unterschied gegenüber dem Fußgänger liegt in einer mit ca. 15 km/h etwa dreifachen mittleren Geschwindigkeit und einer wesentlich größeren Geschwindigkeitsbandbreite. Bei unterproportional bis proportional größeren Störwirkungen und Empfindlichkeiten aber vielfach größeren Einzugsbereichen, ist die Bandbreite „guter“ Siedlungsstrukturen (Dichte, Mischung, Maßstäblichkeit) im Fahrradverkehr deshalb erheblich größer als im Fußgängerverkehr. Der Radverkehr ist somit nicht nur ein hocheffizientes Nahverkehrssystem, sondern auch eine naheliegende Möglichkeit, Verluste an Nähe und Öffentlichkeit im Zuge heutiger Siedlungsentwicklung zu kompensieren. Er eignet sich insbesondere als Verkehrssystem zur Vernetzung von Siedlungsstrukturen extrem unterschiedlicher Verkehrsmittelaaffinität über Entfernungen von bis zu ca. 5 km²⁷.

Radverkehr ist jedoch aufgrund seiner begrenzten Funktionalität (in Abhängigkeit von Topographie, Wetter, Physis etc.) insgesamt kein Ersatz, sondern eine Ergänzung von Fußgängerorientierung. Daher und aufgrund der Ähnlichkeit seiner Ansprüche werden sie hier nicht vertieft.

2.3 MOTORISIERTER INDIVIDUALVERKEHR

2.3.1 Relevante Eigenschaften optimierter Systeme

Der motorisierte Individualverkehr ermöglicht relativ schnelle, direkte, allseitige und jederzeitige Tür-zu-Tür-Verbindungen. Unterhalb von Überlastungs-Zuständen ist er unabhängig von Zeit-, Ziel-, Routen- und sonstigen Entscheidungen anderer. Die überragende Bedeutung dieser Unabhängigkeit für die Attraktivität des MIV zeigt sich u. a. in der relativ niedrigen **mittleren Besetzung von 1,3 Personen**. Ein höherer mittlerer Besetzungsgrad würde zwar die ökonomische und ökologische Effizienz proportional verbessern, er wäre jedoch nur unter Verzicht auf diese Unabhängigkeit machbar und würde also ein völlig anderes Verkehrssystem unterstellen. Entsprechende Überlegungen werden daher nicht hier unter Motorisierter „Individual“verkehr, sondern unter "Andere Verkehrssysteme" in Kap. 2.5 diskutiert.

Das extrem hohe Transportgewicht pro Person und der durch die Einzelsteuerung bedingte Abstand zwischen den Fahrzeugen verursachen **erhebliche Störwirkungen und Flächenansprüche**: Lärm, lokal, regional und global wirkende Schadstoffe, Gefährdung sowie Stau und Barrierewirkungen.

27 Laut Kontiv 89 liegen 31 % der Radwege im Entfernungsbereich von über 2 bis 5 km, darüber nur noch 10% (Emnid 1991).

Die mittleren Reisegeschwindigkeiten des MIV sind daher noch keine hinreichende Annäherung an sein tatsächliches **Entfernungs-Aufwands-Verhältnis**. Neben den Aufwand an Unterwegszeit treten zahlreiche weitere Aufwendungen: km-abhängige Betriebs- und Wartungs-/Reparaturkosten, Kapitalkosten Fahrzeug, Betriebs- und Kapitalkosten Straßeninfrastruktur und Stellplatz sowie die Kosten und Belastungen durch die oben genannten Störwirkungen. Das Entfernungs-Aufwands-Verhältnis des Systems MIV liegt demzufolge niedriger als es vom Nutzer kalkuliert wird. Da hier nicht Verhalten erklärt werden soll und die Wahlmöglichkeiten-Bewertung aus Systemsicht unabhängig von der jeweiligen Kostenwahrnehmung und -zurechnung sein muss (s. Kap. 1.2.3), können und müssen alle Aufwendungen einbezogen werden („soziale Vollkostenrechnung“). Gleichzeitig können im Unterschied zum Verhaltensansatz Spass-, Thrill- und Triebaspekte ausgeklammert werden, die einen weiteren erheblichen Anteil an der Attraktivität und Durchsetzungskraft des Autos bzw. an einer unvollständigen Kalkulation des Wegeaufwands im MIV haben dürften.

Das Gefährdungspotenzial und die hohen Fixkosten des MIV bringen es mit sich, dass große Bevölkerungsgruppen nicht die Fähigkeit oder Berechtigung zum Steuern eines Kfz haben. Dem MIV-System sind daher größere sozioökonomische Differenzierungen zu eigen, wie sie sonst kein anderes Verkehrsmittel aufweist und von einer großen Anzahl an Fahrdiensten für Familienangehörige o. ä. belegt werden²⁸.

Eine Ausschöpfung der technisch-organisatorischen **Effizienzpotenziale** des Autoverkehrs führt zu keiner anderen Beurteilung seiner grundlegenden Eigenschaften. Diese Potenziale werden vor allem in folgenden Punkten gesehen:

- Regeln und Technik für konkurrenzfreies Fahren und eine allgemeine Abrüstung von Kfz-Gewicht und -Dynamik (Winning 1999a): allgemeines Tempolimit, technische Begrenzung von Geschwindigkeit, Drehzahl und Drehzahlanstieg, Null-Emission im Stand und im Stau und Überholverbot auf Fahrspuren des Gegenverkehrs.
- Städtebaulich bzw. landschaftlich integrierter Straßenbau (zu Außerortsstraßen siehe Winning 1999b; zu Innerortsstraßen siehe Winning 1998a und Topp 1987).,
- Minimierte Zeitverluste durch Stau und Parkplatzsuche infolge eines flächendeckenden, nach Zahlungsbereitschaften räumlich und zeitlich gestaffelten Road- und Park-Pricing (vgl. Apel u. a. 2002 und VCÖ 1998).

Im quantitativen Wahlmöglichkeiten-Modell in Kap. 4.3.3 wird ein in diesem Sinne optimiertes MIV-System unterstellt mit gegenüber heute reduzierten Systemkosten und Schadwirkungen. Nicht berücksichtigt werden dagegen die aus heutiger Sicht noch nicht oder eher skeptisch zu beurteilenden Potenziale alternativer Energieträger und Antriebe (z. B. Brennstoffzelle, Umweltbundesamt 1999).

28 In Erhebungen des Verkehrsverhaltens meist als Servicefahrt kategorisiert. In den USA hat sich angesichts der Alltäglichkeit solcher Fahrdienste insbesondere von Müttern der Begriff der „Soccer-Mums“ geprägt.

2.3.2 Nähe durch flächige Besiedelung und in Großeinrichtungen

Nutzungsdichte und -mischung sind für Nähe im MIV von erheblich geringerer Bedeutung als im Fußgängerverkehr. Gleiche Marktgrößen im Sinn von Gelegenheitszahlen erfordern im MIV ca. ein Zehntel der für den Fußgängerverkehr notwendigen Nutzungsdichte. Somit können zwar auch für den einzelnen MIV-Nutzer Dichte und Mischung noch von Vorteil sein. Als Massenverkehr ist das Auto angesichts der durch ihn verursachten Umfeldbeeinträchtigungen jedoch der größte Feind von Dichte und Mischung (s. 2.3.3).

Geringe Anforderungen an Dichte und Mischung begründen noch keine spezifische MIV-orientierte Siedlungsstruktur. Das Fehlen entsprechender Restriktionen erhöht zunächst lediglich die relative Bedeutung anderer Ziele und Anforderungen neben Verkehr und Erreichbarkeit (etwa von Wohnen, gewerblicher Produktion etc.). Große Einrichtungen mit großen Einzugsbereichen, billige, erdgeschossige Bauweise, das Vorhalten von Reserveflächen u. ä. gewinnen an Attraktivität. Leichte Lagevorteile ergeben sich für spezifische verkehrsintensive Nutzungen an den Knoten von bzw. Anschlüssen an Schnellstraßen. Ansonsten ist eine allseitige flächige Ausdehnung von Siedlung und Gelegenheiten das einzige die „Nähe“ im MIV fördernde Merkmal. Darüber hinaus bleiben auch bei MIV-Dominanz kurze Fußwege zwischen publikumsintensiven Einrichtungen von Vorteil. Konzentrationsmaß und Einzugsbereich können dabei jedoch wesentlich größer sein als in der „Fußgängerstadt“. Im Zusammenwirken mit autoorientiertem Umfeld (Schnellstraßen, Parkplätze) ist Mallbildung naheliegend.

2.3.3 Verbindungsqualitäten durch Trennung und Abstand

Hohe Verbindungsqualitäten im MIV setzen einen geringen Gesamtaufwand an Zeit, Kosten und Lasten pro gefahrenem Kilometer voraus. Infolge seines erheblichen Potentials an Konflikten und Störwirkungen sind für hohe Verbindungsqualitäten im MIV Siedlungs- und Verkehrssysteme günstig, die den MIV sowohl mit der Bebauung als auch mit anderen Verkehrsarten möglichst wenig in Berührung kommen lassen. Konfliktminimierend mit der Bebauung sind dabei insbesondere:

- die Abwendung der Bebauung von der Straße durch Abstand, Gebäudestellung, innere Orientierung der Gebäude etc.²⁹
- eine geringe straßenbezogene Nutzungsdichte und
- siedlungsfreie Korridore für Schnellstraßen.

Voraussetzungen für geringe Eigenbehinderungen und Konflikte mit anderen Verkehrsarten sind

- eine geringe quartiersbezogene Nutzungsdichte und

29 Vgl. Apel 1995 oder Polster/Voy 1993, S.344: "In einem sehr direkten und profanen Sinne hat das Auto die Voraussetzungen urbaner Öffentlichkeit unterminiert und zerstört."

- getrennte Netze.

Damit stehen die Belange des MIV in vollem Gegensatz zu denen des Fußgänger- und Radverkehrs. Abb. 5 zeigt die wichtigsten Wechselwirkungen des MIV in einem Regelkreis angeordnet (aus Krug 1998). Die zahlreichen positiven Rückkopplungen (Selbstverstärkungen) leisten einen Beitrag zur Erklärung der heutigen MIV-Orientierung der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung³⁰. Die Frage nach der Bilanz der gegensätzlichen Wirkungen auf räumliche Wahlmöglichkeiten wird im Fortgang dieser Untersuchung gestellt und zu beantworten versucht.

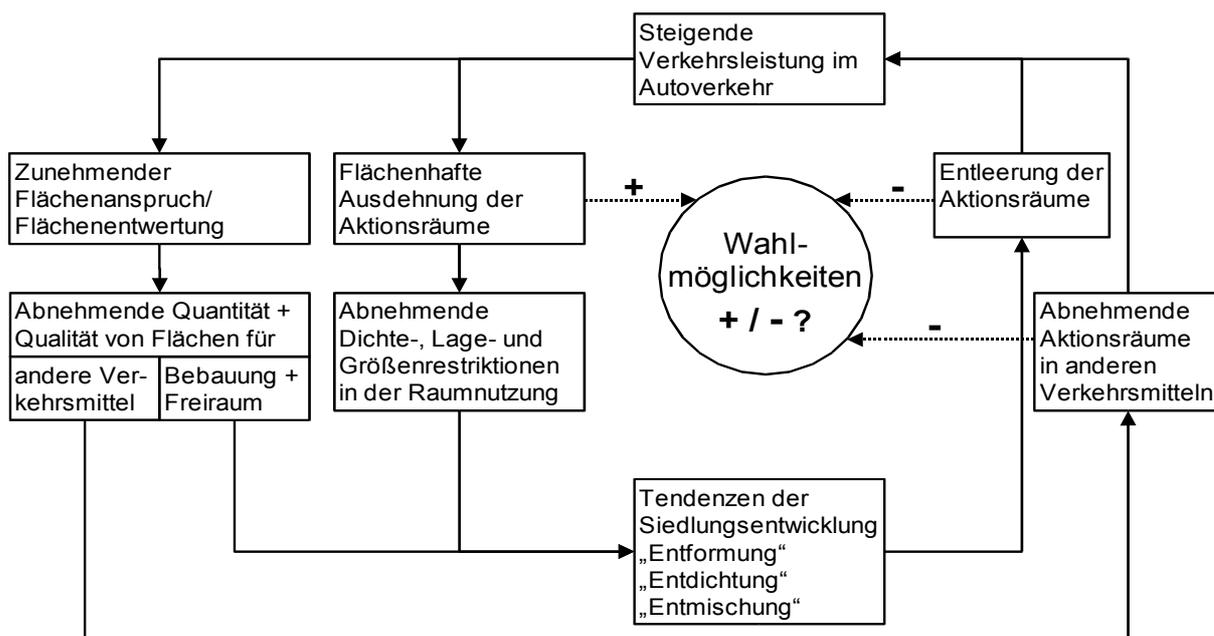


Abb. 5 Selbstverstärkungseffekte des motorisierten Individualverkehrs

2.4 ÖFFENTLICHER VERKEHR

2.4.1 Relevante Eigenschaften optimierter Systeme

Unter öffentlichem Verkehr werden hier Verkehrssysteme verstanden, die Fahrten vieler Verkehrsteilnehmer in einem großen Fahrzeug bündeln. Sein grundlegendes Merkmal ist nicht der Betrieb durch die öffentliche Hand, sondern seine Massenverkehrseignung und öffentliche Benutzbarkeit. Die **Behältergröße** klassischer ÖV-Systeme schwankt zwischen ca. 50 Plätzen in einem Standardlinienbus und ca. 1.000 Plätzen einer S-Bahn³¹. Aufgrund der höheren Komplexität von ÖV-Angeboten

30 Besonders drastisch ablesbar und weit fortgeschritten sind diese Entwicklungen in amerikanischen Städten. Plunz schildert dies eindrücklich am Beispiel der Stadt Detroit (1995).

31 Diese Werte gehen von 2 Stehplätzen pro qm Stehfläche aus.

gegenüber dem Individualverkehr reicht zur Beschreibung der für hohe Wahlmöglichkeiten relevanten Merkmale eine Differenzierung nach Nähe und Verbindungsqualitäten nicht aus. In einem Zwischenschritt sind daher zunächst die wichtigsten Faktoren des Verkehrsaufwands im ÖV zu bestimmen:

Haltestellenzugang: Der Fußgängerverkehr ist die empirisch eindeutig vorherrschende Verkehrsart für Haltestellenzu- und -abgang³². Qualitäten des Haltestellenzugangs und -aufenthalts bemessen sich an der Entfernungs- und Umfeldempfindlichkeit des Fußgängers.

- Nähe: In Anlehnung an Walther 1973, Blennemann/Brandenburg 1976 und Ruppert 1978 können Fußwege zur Haltestelle bis ca. 400 Meter Länge bzw. ca. 5 Minuten Dauer als kurz eingestuft³³ werden. An dieser Qualität orientierte Einzugsbereiche von Haltestellen sind ca. 25-50 ha groß.
- Qualität: Die so umrissenen Einzugsbereiche unterliegen hohen Ansprüchen an Verbindungsqualität im Fußgängerverkehr. Die Wartebereiche selbst, ihr unmittelbares Umfeld und die wichtigen Zugangswege sind Teilräume höchster Ansprüche an Fußgänger- und Aufenthaltsqualität. Im Zusammenwirken mit Koppelungsmöglichkeiten an der Haltestelle (Läden u.ä.) verringern sich dadurch neben den empfundenen auch die tatsächliche Zugangs- und Wartezeiten.

Strecke/Fahrzeug: Der für einen Personenkilometer Fahrstrecke zu betreibende Aufwand wird durch folgende Systemmerkmale maßgeblich beeinflusst:

- Haltestellen: Insbesondere bei gut bevorrechtigten innerörtlichen ÖV-Systemen schlagen Haltestellenabstände stark auf die Beförderungsgeschwindigkeit durch.
- Auslastung: Die Vielzahl an Aufwandskomponenten im motorisierten Verkehr erweitert sich im ÖV um die Kosten für das Fahrpersonal. Bezogen auf Fahrzeugkilometer betragen die Kostenrelationen von Bus bzw. Straßenbahn zum Pkw ca. 5 zu 1 bzw. 10 zu 1, sowohl im Hinblick auf das Paket der Kapital-/ Betriebs- und Instandhaltungskosten als auch im Hinblick auf ausgewählte Umweltaspekte wie Schadstoffemissionen und Flächenbedarf³⁴. Bezogen auf Personenkilometer hängen Aufwand und Kosten im ÖV erheblich vom Auslastungsgrad ab. Mittlere Auslastungsgrade über die gesamte Betriebszeit von 20% (Verband Deutscher Verkehrsunternehmen 2003) ergeben Effizienzvorteile gegenüber dem MIV um ca. den Faktor 4. Mit jeden 10 Prozentpunkten zusätzlicher Auslastung steigt der

32 In der Verkehrsmittel-Kombination mit dem ÖPNV wird das Zufußgehen fünfmal so häufig genannt wie Rad und MIV zusammen (Institut für angewandte Sozialwissenschaft 2003).

33 Laut Walther 1973 nimmt die Fußwegempfindlichkeit nicht mit der Gesamtreiseweite ab. Empirisch unterschiedliche Zugangswelten zwischen Bus/Straßenbahn einerseits und S-/Eisenbahn andererseits sind demzufolge nicht vor allem in systemspezifischen Nutzerpräferenzen, sondern in empirisch vorherrschenden Systemausprägungen begründet.

34 Ein umweltökonomischer Systemvergleich von Lüttke (2003) unter Einbezug der Kosten von Kapital, Betrieb, Instandhaltung und CO₂-Äquivalenten ergibt Kostenrelationen zwischen ÖV und MIV von ca. 5 zu 1 für Gelenkbusse und ca. 10 zu 1 für Straßenbahnen. Ähnliche Relationen lassen sich für den Flächenbedarf im Mischverkehr mit ÖV-Bevorrechtigung ermitteln (vgl. Krug 2003) oder für den Einsatz an Primärenergie (nach Schmidt u.a. 1994, S.34, mit einer angenommenen Besetzung von 20 Personen auf das Fahrzeug umgerechnet.)

Effizienzvorteil um 2 bis in etwa auf den Faktor 20 bei theoretischer Vollauslastung³⁵.

- **Bevorrechtigung:** Neben dem Haltestellenabstand hängen die Beförderungsgeschwindigkeiten (zwischen Ein- und Ausstiegshaltestelle) in den straßengebundenen ÖV-Systemen (Bus und Straßenbahn) vor allem von der Bevorrechtigung im Verkehrsablauf ab.
- **Nebenberuflichkeit:** Von der Aufgabe des Steuerns eines Fahrzeuges entbunden eröffnet sich je nach Fahrkomfort die Möglichkeit zu Nebenberuflichkeiten im Fahrzeug. Für den Fahrgast kann sich bei gegebener Beförderungszeit der einer Ortsveränderung anzurechnende Zeitaufwand erheblich reduzieren.

Takt: Besondere Qualitätseffekte der Bedienungshäufigkeit sind in zwei Stufen feststellbar (ausführlicher in Kap. 4.3.4.1):

- Mittlere Qualitäten lassen sich erzielen, wenn Organisationzeiten bzw. Stress durch die Anpassung des Tätigkeitsprogramms an den Fahrplan entfallen und Zwischenzeiten weitgehend verlustfrei mit kleineren Erledigungen o. ä. gepuffert werden können. Hier wird davon ausgegangen, dass diese Qualität ab ca. einem 30-Minuten-Takt erreicht ist.
- Hohe Qualitäten setzen darüber hinaus einen jederzeitigen spontanen Fahrtritt ohne spürbare Wartezeiten an der Einstiegs- oder Umstiegshaltestelle voraus. Dies lässt sich mit einem 10- bis 7,5-Minuten-Takt erreichen (vgl. Walther 1973).

Netz: Die Netzgeometrie beeinflusst weitere Aspekte von Angebotsqualität.

- Lange Linien verursachen weniger Umsteigezwänge als kurze. Die größere Verspätungsanfälligkeit langer Linien ist bei konsequenter Bevorrechtigung vernachlässigbar und bei einem 7,5-Minuten-Takt nicht ausschlaggebend. „Sackgassen“ durch Linienenden ohne Umsteigemöglichkeit halbieren die verfügbaren Richtungen und damit die räumlichen Wahlmöglichkeiten am Linienende.
- Aus dem gleichen Grund sind kurze Abstände zwischen Linienverknüpfungen bzw. eine allseitige, engmaschige Vernetzung günstig. Mit jedem einfachen Linienkreuz verdoppeln sich die räumlichen Wahlmöglichkeiten (Umsteigeaufwand ausgeklammert), da die Weiterfahrt nun statt in zwei in vier Richtungen möglich ist. Je näher das nächste Linienkreuz zur Einstiegs- oder Umstiegshaltestelle liegt, desto größer ist der Zugewinn an Wahlmöglichkeiten.
- Gerade und richtungsechte Linienführungen gewährleisten umwegarme und begreifbare Netze.

Für die Verbindungsqualitäten im öffentlichen Verkehr ist die Unterscheidung von Schienen-ÖV und Straßen-ÖV nicht relevant. Bevorrechtigung, Spurführung, Trassierung und andere bestimmende Eigenschaften sind weder an das Stahlreifen-Schiene- noch an das Gummireifen-Asphalt-System gebunden (vgl. Krug/Reintjes 1999). Die Vorteile einer Spurführung im Hinblick auf Behältergröße und Fahrge-

35 Eigene Berechnungen u.a. aus den Angaben bei Lüdtko (2003).

schwindigkeit werden in ihrer Wirkung auf das gesamte Entfernungs-Aufwands-Verhältnis durch die höheren Infrastrukturkosten wieder (teilweise) kompensiert. Der unterschiedliche planerische Umgang mit beiden Systemen und die kaum vorhandene Transparenz geschweige denn Zurechnung der Infrastrukturkosten täuscht über diese Indifferenz leicht hinweg.

2.4.2 Hohe Nutzungsdichte in kleinen Einzugsbereichen

Unter der Maßgabe hoher Angebotsqualität können einer Haltestelle ca. 25-50 Hektar Siedlungsfläche als Einzugsbereich zugeordnet werden. Nutzungsdichte in der Maßstäblichkeit solcher Siedlungseinheiten ist Voraussetzung für kurze Wege zur Haltestelle. Je höher die Nutzungs- bzw. Gelegenheitendichte ist, desto größere Nachfragepotenziale entstehen. Der Zusammenhang zwischen Nutzungsdichte und Nachfragepotenzial kann mathematisch formuliert werden. Er wird jedoch von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst: Platzkapazität und geforderte Auslastung, mittlere Fahrtlänge, Bedienungshäufigkeit und Betriebszeit, Wegezahl und ÖV-Anteil sowie Größe des Einzugsbereichs. Standards lassen sich daher nicht angeben.

Die mittlere Entfernung zwischen Haltestelle und potentiellen Zielen hängt darüber hinaus von der kleinräumigen Dichteverteilung im Haltestelleneinbezugsbereich ab. Positiv wirken eine Zunahme baulicher Dichte mit der Nähe zur Haltestelle sowie eine Konzentration publikumsintensiver Einrichtungen im unmittelbaren Haltestellenumfeld. Letzteres begünstigt zudem Kopplungsmöglichkeiten und Nebenbetätigungen bei Haltestellenzugang und -aufenthalt und verringert dadurch den der ÖV-Fahrt anzurechnenden Zeitaufwand zusätzlich.

Maßvolle Dichteunterschiede können zwischen benachbarten Einzugsbereichen eines Linienabschnitts ausgeglichen werden, sofern die Relation Ein-/Aussteiger zu Durchfahrer in einem vertretbarem Rahmen bleibt. Welche Größe dieses Verhältnis haben sollte, ist bislang kaum untersucht. Sicherlich ineffizient ist das Anhalten von 50 Durchfahrern für einen Einsteiger.

2.4.3 Lineare und netzförmige Anordnung

Die Kriterien regionaler ÖV-Erschließung lassen vielseitige Anordnungen dicht bebauter Siedlungseinheiten zu. Entscheidend ist, dass sich die zu erschließenden Siedlungseinheiten in möglichst viele und engmaschig vernetzte Perlschnurelemente einteilen lassen.

- Innerhalb eines „Perlschnurelements“ sind eine mittige Anordnung des Fahrwegs sowie nicht zu große bzw. zu unterschiedliche Haltestellenabstände zu beachten. Lücken von einigen Kilometern können jedoch außerorts schnell übersprungen werden.

- Die Vernetzung der Perlschnurelemente erfordert viele Knoten bzw. kurze Knotenabstände.

Mit diesen Ansprüchen sind sowohl großstädtische flächenhafte sowie kleinstädtische Geometrien von Siedlungsflächen vereinbar. Auch Entwicklungen in Richtung einer „feinmaschigen Durchdringung von Bebauung und Freiraum“ (Sieverts 1998, S.19), einer Auflösung fester Hierarchien und eindeutiger Zentren (Oswald 1999) bzw. einer Zunahme von Verflechtungen in den Außenbereichen (Hesse o.J.) verschlechtern noch nicht die Bedingungen für einen hochwertigen ÖV; Dies bewirkt erst der damit in der Vergangenheit häufig einhergehende Dichteverlust, der aber keinesfalls zwangsläufig mit solchen Geometrien verbunden sein muss. Für ÖV-Orientierung müssen weder lange, bandartige Siedlungsachsen die Siedlungsgeometrie dominieren noch müssen diese Achsen sternförmig auf ein oder wenige Zentren orientiert sein. Im Gegenteil sind stark zentrenorientierte ÖV-Netze in der Regel nur unter den Bedingungen eines eher geringen Stellenwerts der öffentlichen Verkehrsmittel zweckmäßig – und daher heute vorherrschend –, da nur dann auf anderen (tangentialen) Verkehrsbeziehungen keine hochwertigen Systeme und Takte mit ausreichender Auslastung betrieben werden können. Mit hohen ÖV-Anteilen sind sternförmige Netze nur schwer vereinbar aufgrund Richtungsarmut, ungleichmäßiger Linienauslastung mit Überlastungen und Zeitverlusten im Zentrum und Mischungseindlicher Wirkung auf das Bodenpreisgefälle.

2.4.4 Gleichmäßige Auslastung durch Nutzungsmischung (und Netzbildung)

Hohe Kapazitätskosten (für Strecke, Fahrzeuge und Personal) machen den ÖV relativ empfindlich gegenüber Nachfragespitzen in Zeit und Richtung. Nutzungen haben spezifische zeitliche Rhythmen und räumliche Orientierungen. Durch Nutzungsmischung können diese überlagert und ausgeglichen werden. Als Nutzungen mit besonders ausgeprägten und gegensätzlichen Eigenschaften ist insbesondere die Mischung von Einwohnern und Arbeitsplätzen hier vorteilhaft. Im Hinblick auf eine möglichst gleichmäßige Auslastung der ÖV-Fahrzeuge ist der maßgebliche Raumbezug ein Streckenabschnitt; unterschiedliche Nutzungen benachbarter Haltestelleneinzugsbereiche können sich ausgleichen. Im Hinblick auf die Bemessung von Warteflächen, Zugangsanlagen sowie Car- und Bike-Sharing-Angeboten an Haltestellen ist darüber hinaus Nutzungsmischung auch kleinteiliger, innerhalb eines Haltestelleneinzugsbereichs, günstig aber von insgesamt geringerer Bedeutung. In diesem Sinne können Siedlungsflächen noch als gemischt bezeichnet werden, in denen die Flächen gleicher Nutzung jeweils mehrere zehn Hektar groß sind; z. B. ein Wohn- und ein Gewerbesektor im Einzugsbereich einer ÖV-Haltestelle.

Wie im vorhergehenden Kapitel bereits angedeutet, trägt auch die Netzbildung zu einer gleichmäßigen Linienauslastung bei. Sternförmige Netze sind dabei eher ungünstig, da sie viele Linienabschnitte aufweisen, die nur an einem Ende vernetzt sind. Die Linienbelastung nimmt dadurch zwangsläufig in Richtung des Verknüpfungspunktes zu. Diese rein netzbedingten Belastungsunterschiede erschweren eine

qualitätsorientierte Bemessung des Angebots. Günstiger sind allseitige Vernetzungen mit vielen Verknüpfungspunkten und ohne lange "Sackgassen".

2.4.5 Beförderungsqualitäten durch flächensparenden Vorrang

Eine zügige Beförderung bei gleichzeitig geringen Störwirkungen, Flächenansprüchen und Kosten pro Fahrgast setzt neben der in der Fachwelt allgemein anerkannten Bevorrechtigung an Lichtsignalanlagen folgende weitere Merkmale der Verkehrsorganisation in Straßenraum und Straßennetzen voraus (vgl. Krug 2003):

- **Führung auf Hauptverkehrsstraßen:** Die Anforderungen an innerörtliche ÖV-Strecken sind weitgehend deckungsgleich mit den klassischen Eigenschaften von innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen: Priorisierung im Verkehrsablauf, geradlinige Streckenführung, Bündelung der Immissionsbelastung, Konzentration von Immissions-unempfindlicheren Nutzungen, hoher Öffentlichkeitsanspruch und ca. 300 bis 500 m beidseitige Erschließungstiefe. Für kurze Fahrzeiten im ÖV ist daher in der Regel eine Linienführung auf Hauptverkehrsstraßen notwendig.
- **Staumanagement und Stauvorbeifahrt:** Überlastungserscheinungen bzw. hohe Verkehrsdichten im MIV dürfen nicht zu Störungen des ÖV führen. Dort wo sie auftreten, können nur getrennte ÖV-Spuren einen zügigen Fahrtablauf sicherstellen. Staustrecken sind daher durch eine gezielte Ampelsteuerung auf ausreichend breite und unempfindliche Streckenabschnitte zu verlagern und andere Strecken staufrei zu halten ("Staumanagement").
- **Pulkführung im Mischverkehr:** Der ÖV hat nur im Mischverkehr mit dem MIV einen geringeren Flächenbedarf pro Insasse als der MIV. Eigene Gleiskörper oder besondere Busspuren beeinträchtigen die für ÖV-Zugang und hohe bauliche Dichten notwendigen Freiraum-, Aufenthalts- und Zugangsqualitäten in Straßenraum und an Haltestellen. Pulkführung und geeignete Querschnitte und Haltestellen (Standort und Art) gewährleisten dagegen auch im Mischverkehr hohe Beförderungsgeschwindigkeiten. Der Gesamtaufwand pro Personenkilometer ist bei prinzipiell getrennter Führung daher höher als bei Mischverkehr in staufreien Streckenabschnitten.

2.4.6 Zugangsqualitäten durch Öffentlichkeit und Verkehrsberuhigung

Auf den Wegen von und zur Haltestelle gelten die Bedingungen des Fußgängerverkehrs für hohe Verbindungsqualitäten (s. Kap. 2.1.3). Einen besonderen Stellenwert haben dabei die Wartebereiche der Haltestellen und ihr unmittelbares Umfeld.

2.5 ANDERE VERKEHRSSYSTEME

Die bisher vorgestellten klassischen Personen-Verkehrssysteme haben – mit Ausnahme des Radverkehrs – sehr spezifische Anforderungen an oder Wirkungen auf Siedlungsstrukturen. Um die daraus resultierenden Bindungen und Unverträglichkeiten zu umgehen, werden in Literatur und Praxis technisch-organisatorische Alternativen diskutiert. Im Folgenden wird deshalb kurz erörtert, ob die in

- Park and Ride
- Öffentlichen Verkehr in kleinen Behältern und
- Telekommunikation als Ersatz von physischem Verkehr

gesetzten Hoffnungen gerechtfertigt sind. Diese drei erscheinen dem Verfasser als die wichtigsten Diskussionsstränge.

2.5.1 Park and Ride

Zahlreiche Stadtverkehrskonzepte und anwendungsnahe Forschungsprojekte streben eine stärkere Vernetzung der Verkehrsmittel an. Wenn das Umsteigen insbesondere zwischen MIV und ÖV durch große P+R-Kapazitäten und dynamische Wegweisung attraktiver wäre, so die zentrale These dieser Ansätze, ließe sich Massenverkehr zwischen unterschiedlichen Siedlungsstrukturen effizienter organisieren. Gerade der Stadt-Umland-Verkehr in Ballungsräumen lasse sich verträglich nur mit einem massiven Ausbau von Park-and-Ride-Anlagen am „Stadtrand“ bewältigen.

Die Gegenthese lautet: Die Vernetzung von ÖV und MIV mittels P+R bringt keinen Gewinn an Effizienz bzw. Verträglichkeit. Im Vergleich mit direkt an einer ÖV-Haltestelle liegenden Zielen erfordert P+R einen erheblichen zusätzlichen Aufwand. Schon der Zeitbedarf für Parkplatzanfahrt, Fußweg und Wartezeit summiert sich auf einige Minuten und liegt in der Größenordnung mittlerer Fußwege zwischen Haltestelle und Quelle bzw. Ziel. Zudem bieten Stellplatzanlagen nur äußerst geringe Fußweg- und Aufenthaltsqualitäten. Bei angemessener Verzinsung der Bodenwerte im Umfeld attraktiver ÖV-Angebote sowie Verzinsung und Abschreibung der baulichen Anlagen ergeben sich erhebliche Kapitalkosten für die Infrastruktur, auch für ebenerdige Parkplätze, die in den bisherigen Projekten meist voll subventioniert werden. Hinzu kommen Kapitalkosten für die Pkw-Verfügbarkeit durch lange unproduktive Standzeiten.

Völlig abwegig erscheinen Überlegungen den ÖV als Überlaufsystem für Spitzenzeiten und Stau zu benutzen, da diese aufgrund der höheren Kapazitätskosten im ÖV noch schwerer gepuffert werden können. Auch der Ansatz, durch P+R generell die Dichtebedingung um ÖV-Haltestellen an Quelle und Ziel aufzuheben, muss wirtschaftlich am doppelten Aufwand für Parkplatz und Fahrzeug-Verfügbarkeit an Einstiegs- und Ausstiegshaltestelle scheitern³⁶.

2.5.2 Öffentlicher Verkehr in kleinen Behältern ("ÖMIV")

Ein zweiter Diskussionsstrang zielt auf eine höhere Auslastung kleiner Fahrzeuge ab. So hofft z. B. Ganser, dass sich die ökologischen Vorteile des ÖV mit den Qualitäten des MIV in einem System vereinen ließen: "Der Transport von Personen mit einem 'kleinen Gefäß' in einer möglichst großen Wahlfreiheit von Zeit und Zielort, wird auch in Zukunft die Menge der Verkehrsleistung bedienen. (...) Sein ökologischer Schrecken ist dann genommen, wenn dieses Auto als öffentliches Verkehrsmittel mit einem hohen Besetzungsgrad agiert"³⁷.

Auch diese Hoffnung erscheint trügerisch: Die Fahrplan-, Haltestellen- und Linienbindung öffentlicher Verkehrsmittel kann stets nur um den Preis eines hohen Organisationsaufwands aufgehoben werden. Je genauer Zeitpunkt, Quelle, Ziel und Route auf den individuellen Nutzerwunsch angepasst werden sollen, desto schwieriger bzw. langfristiger werden die notwendigen Absprachen. Es erscheint völlig undenkbar, dass Systeme die im „Optimalfall“ die Anmeldung jeder einzelnen Fahrt erfordern „in Zukunft die Menge der Verkehrsleistung bedienen“ werden (ders.). Viel zu wichtig dürften im alltäglichen Verkehr auch in Zukunft Qualitäten wie spontaner Fahrtantritt und einfache Benutzbarkeit sein.

Weiterhin sind zumindest "ÖMIV"-Systeme mit Fahrpersonal außerordentlich teuer. Auch in ökonomisch-ökologischen Gesamtrechnungen ist die Fahrt im eigenen Pkw kaum teurer als etwa im Sammeltaxi oder Kleinbus mit drei bis zehn Fahrgästen.

Ein weiteres Problem öffentlich betriebener Pkw ist, dass sie weder die Privatheit des eigenen Autos noch die Anonymität des klassischen ÖV mit großen Fahrzeugen bieten. Die Anwesenheit fremder Menschen auf engstem Raum kann mit anthropologischen Distanzbedürfnissen in Konflikt geraten ("Fahrstuhleffekt").

Mitnahmesysteme ohne Fahrpersonal haben zudem einen weiteren gravierenden Nachteil bezüglich Sicherheit und Sicherheitsempfinden: Man liefert sich dem Fahrvermögen anderer „Amateure“ aus.

36 Die Studien von Arndt (1994) und Holz-Rau u. a. (1996) kommen aufgrund ähnlicher Überlegungen zu entsprechend geringen Potenzialen oder Systemvorteilen von P+R: "Zusätzlich liegt der Schluß nahe, daß größere Verlagerungseffekte - so sie denn erreicht werden - weniger aus dem eigentlichen P+R-Ausbau als aus Einschränkungen des MIV in den Kernstädten resultieren und diese wiederum im Falle von MIV-Restriktionen auf der einen und Verzicht auf einen P+R-Ausbau auf der anderen Seite noch stärker dem Umweltverbund zugute kämen." (Holz-Rau u. a., S.14)

37 In Sieverts 1998, S.94. Ähnlich Vester 1996.

Als Fazit lässt sich feststellen, dass Systeme mit öffentlichem Betrieb kleiner Behälter mehr die Nach- als die Vorteile von MIV und ÖV vereinen. Die Vorteile des Autos werden aufgegeben (Privatheit, direkte Routenwahl, spontaner Fahrtantritt, Tür-zu-Tür-Service) ohne die Vorteile des öffentlichen Verkehrs im Hinblick auf Effizienz, Anonymität und geringem individuellem Organisationsaufwand zu erzielen. Sie erscheinen auch in zukünftigen Siedlungs- und Verkehrssystemen nur zur sozialen Grundversorgung in Räumen bzw. Zeiten geringer Verkehrsnachfrage zweckmäßig („Paratransit“).

2.5.3 Ersatz von physischem Verkehr durch Nachrichtenverkehr

Manche Autoren erhoffen sich eine selektive Substitution von physischem Verkehr im Bereich großer Entfernungen³⁸. Physischer Personenverkehr würde sich demnach vor allem auf kleinräumige Beziehungen beschränken und somit automatisch nachhaltig sein. Gegen diese „Substitutionshypothese“ sprechen folgende Aspekte:

- Telekommunikation erleichtert den Aufbau und die Pflege von Kontakten; je größer die Entfernungen desto größer die Erleichterung gegenüber physischem Personenverkehr. Mit hoher Wahrscheinlichkeit entstehen im Zuge der Innovation und Diffusion weiterer IuK-Technologien mehr Kontakte und Beziehungen insbesondere im Bereich großer Entfernungen.
- Telekommunikation dient häufig der Vorbereitung und Koordination von physischem Verkehr³⁹. Daraus kann einerseits eine höhere Effizienz im physischen Verkehr resultieren, andererseits aber auch eine stärkere Teilnahme, im Saldo jedoch keine Substitution.
- Statistische Befunde konstanter bzw. leicht zunehmender Reisezeitbudgets sowie psychologische Erkenntnisse zu den unbewussten und triebhaften Gründen von Verkehrsverhalten lassen vermuten, dass Einsparungen an physischem Verkehr für bestimmte Beziehungen und Zwecke (insbesondere Routineaktivitäten etwa im Berufs- und Einkaufsverkehr) über neue Aktivitäten, Standorte, Ziele und Wegemuster kompensiert werden (vgl. z. B. Topp 1994). Die Alltagsorganisation

38 Etwa Hesse/Schmitz 1998; ähnlich Heinze 2000, S.65: "In einer Gesellschaft, deren Reichtum auf 'Wissen und Bildung' als Exportbasis beruht und deren zentrales Wachstumsprodukt deshalb 'Informationen' sein werden, ist die Telekommunikation das dominierende Verkehrsmittel für die 'Massenverkehre' der Zukunft (...). Der größte Teil des physischen Verkehrs aber kann dann innerhalb der relativ autarken, durch Funktionsmischung gekennzeichneten 'Binnenverkehrsquartiere' stattfinden. Diese Viertel sind durch Telekommunikation in globale Netzwerke eingebunden und beziehen daraus ihre originäre Wertschöpfung."

39 "Festhalten lässt sich zusammenfassend, dass Personen in Haushalten mit moderner Kommunikationsausstattung - gegenüber dem Mittel der Gesamterhebung - überdurchschnittlich viele Wege und Kontakte aufweisen und dabei häufiger auch überdurchschnittlich große Distanzen überbrücken. Dies unterstützt die Annahme, dass auch die neueren Telekommunikationsdienste u. a. dazu dienen, verkehrliche Aktivitäten vorzubereiten und zu koordinieren. Damit verhält es sich mit den modernen Kommunikationstechniken kaum anders als mit dem traditionellen Telefon, bei dem erfahrungsgemäß rund ein Drittel aller Gespräche im Zusammenhang mit verkehrlichen Aktivitäten steht." (Vallee/Köhler 2000, S. 329)

wird immer auch Bedürfnisse an Umweltreizen, Unterwegs sein, sozialem Kontakt, Tapetenwechsel und Flucht befriedigen müssen (vgl. Paravicini 1997). Der Stellenwert freizeitbezogener Aktivitäten im physischen Verkehr dürfte dadurch steigen (Scheiner 2001).

Aus den genannten Gründen wird hier davon ausgegangen, dass eine weitere Verbreitung von Telekommunikationstechniken und -anwendungen die absolute Bedeutung räumlicher Wahlmöglichkeiten im physischen Personenverkehr nicht schmälert. Mit der Entlastung des physischen Verkehrs von Routineaktivitäten und Trivialkommunikation werden die Erreichbarkeitsansprüche möglicherweise eher noch größer, da die nachrückenden Bedürfnisse stärker spezialisiert und ausdifferenziert sein dürften.

Auch Telekommunikationsnetze haben wie alle Distanztechniken spezifische räumliche Ausprägungen. Mögliche räumliche Muster von Lagegunst und Kostenvorteilen sind derzeit noch kaum erkennbar und werden kaum raumwissenschaftlich diskutiert⁴⁰. Diese Raublindheit erklärt sich aus der scheinbaren Mühelosigkeit mit der ein paar Megabyte über Telefonkabel oder Satellit über beliebige Entfernung, unsichtbar und zeitgleich übertragen werden können. Zukünftige Anforderungen an massenhafte Übertragung von Trivialdaten und interaktiver Kommunikation bewegter Bilder stellen jedoch Anforderungen an Bandbreite bzw. Übertragungskapazität, die um Größenordnungen über den Kapazitäten heutiger Kabelnetze und Satellitenfunk liegen dürften. In diesem Fall könnten auch in der Telekommunikation Entfernung und „letzte Meile“ tatsächlich eine Rolle spielen. So gesehen könnten dicht und gemischt genutzte, kleine Siedlungseinheiten und ÖV-orientierte Siedlungsnetze auch für die "Datenmobilität" vorteilhaft sein.

2.6 WAHLMÖGLICHKEITEN-RELEVANTE SIEDLUNGSSTRUKTURMERKMALE

2.6.1 Zusammenfassung nach Maßstabsebenen

Nachdem die Betrachtung in den Kapiteln 2.1 bis 2.5 aus Sicht der Verkehrssysteme erfolgte, wechselt die Perspektive in diesem Kapitel 2.6 nun auf die Seite des Siedlungssystems. Tab. 1 fasst zunächst die wichtigsten der bisher diskutierten Siedlungsstrukturmerkmale zusammen. Dabei werden folgende drei Maßstabsebenen unterschieden:

- Der **Straßenraum** bzw. das unmittelbare Umfeld eines Verkehrswegs. Maßgeblich für die Abgrenzung dieser Maßstabsebene sind Reichweiten akustischer und visueller Wahrnehmung von bis zu ca. 50 Metern. Ein üblicher Planungsmaßstab ist 1:500.

40 Eine Ausnahme stellt etwa Winning 2003 dar.

- Das **Quartier**. Maßgeblich für die Abgrenzung dieser Maßstabebene sind kurze Fußwege zu Zielen und ÖV-Haltestellen von bis zu ca. 500 Metern. Ein geeigneter Planungsmaßstab ist 1:5.000.
- **Stadt und Region**: Maßgeblich für die Bestimmung eines geeigneten Maßstabs sind Aspekte der Netzbildung in ÖV und MIV sowie Entfernungen im alltäglichen Verkehr bis ca. 50 km (ab 1:50.000).

Die ersten beiden Maßstabebenen werden im Folgenden unter dem Begriff lokale Urbanität und die dritte unter der Überschrift regionale Geometrie zusammengefasst.

	Straßenraum ca. 50m, 1ha, 1:500	Quartier ca. 500m, 1km ² , 1:5.000	Region ≥ 5km, 100km ² , 1:50.000
Fuß (Rad)	Bezug Bebauung – Straße Mischung (Tag-/Nachtbevölkerung)	hohe Nutzungsdichte Mischung (Nähe) Konzentration Publikumsintensität offener Stadtgrundriss integriertes Straßennetz	Nahversorgungsbereich als Siedlungseinheit kompakte Geometrie (Minimierung Randlagen) Freiraumnetze
ÖV	Bezug Bebauung – Straße Mischung (Tag-/Nachtbevölkerung)	hohe Nutzungsdichte Mischung (ausgeglichene Auslastung) Konzentration Publikums- intensität an Haltestellen	Hst.-Einzugsbereich als Siedlungseinheit (punkt-)achsiale Verteilung eng vermaschte Siedlungsnetze Konzentration Publikums- intensität an Netzknoten
Auto	Abwendung Bebauung – Straße niedrige Dichte (Konflikte MIV-Siedlung)	niedrige Dichte (Konflikte MIV-MIV) getrennte Netze (Konflikte MIV-NMIV)	flächige Besiedlung siedlungsfreie Korridore für Schnellstraßen Konzentration Publikums- intensität an Schnell- straßen(knoten)
	„lokale Urbanität“		„regionale Geometrie“

Tab. 1 Relevante Siedlungsstrukturmerkmale nach Maßstabebenen

Die in der Tabelle 1 genannten Siedlungsstrukturmerkmale sind in der jeweiligen Maßstäblichkeit günstig für hohe Wahlmöglichkeiten im jeweiligen Verkehrsmittel. Das bedeutet jedoch nicht, dass sie zwangsläufig auch empirisch signifikant mit Verkehrsverhalten und Verkehrsmittelwahl korrelieren. Die Ursachen von Verhalten sind komplexer (Informiertheit, Disponiertheit, Gewohnheit, Verkehrsangebot, Kostenzurechnung etc., vgl. Kap. 1.2.3) und können die hier relevanten Unterschiede in den materiellen Systemeigenschaften auch teilweise bis vollkommen nivellieren.

2.6.2 "Lokale Urbanität"

Die auf den "lokalen" Maßstabsebenen Quartier und Straßenraum identifizierten relevanten Siedlungsstrukturmerkmale lassen sich unter die Begriffe Nutzungsdichte, Nutzungsmischung und Öffentlichkeit des Straßenraums subsumieren. Diese wiederum werden in der Literatur gerne als Konstruktionsmerkmale von "Urbanität" verwendet⁴¹. Trotz der ebenso vorhandenen positiven kulturellen Assoziationen dieses Begriffs (etwa als tolerante, weltoffene, aufgeklärte Geisteshaltung; vgl. etwa Salin 1961 nach Sieverts 1998), erscheint seine (Wieder-)Inwertsetzung als siedlungsstrukturelle Kategorie für die räumliche Planung zulässig und zweckmäßig⁴².

Für die weitere Betrachtung und Leitbild Diskussion werden heuristisch drei Urbanitätstypen unterschieden. Sie werden im weiteren Verlauf der Untersuchung präzisiert (Kap. 4.2).

- urban: hohe lokale Urbanität; Starke Ausprägungen von mindestens zwei der drei Hauptmerkmale Dichte, Mischung, Öffentlichkeit
- semiurban: mittlere lokale Urbanität; Mittlere Ausprägungen oder Kombinationen von starken mit schwachen Ausprägungen
- suburban: geringe lokale Urbanität; Schwache Ausprägungen aller Merkmale

Die Attribute stark, mittel und schwach beziehen sich auf die Bandbreite heutiger Siedlungsstrukturen. Klare Schwellenwerte für ihre Unterscheidung sind an dieser Stelle weder möglich noch nötig. Nutzungsmischung und Öffentlichkeit sind ohnehin nur schwierig bis nicht quantifizierbar. In Kapitel 4.2.2 werden die Korrelationen lokaler Urbanität mit baulichen Mustern im Kartenbild thematisiert und zumindest für die Nutzungsdichte mittlere Ausprägungen der urbanen, semiurbanen und suburbanen Siedlungstypen angegeben.

2.6.2.1 Nutzungsdichte

Auf der Maßstabsebene des Quartiers hat Nutzungsdichte folgende verkehrlichen Bedeutungen⁴³:

- Kurze Fußwege bis ca. 500m (vgl. Kap. 2.1.2): Hohe Nutzungsdichte ist Voraussetzung für die Nähe komplementärer Nutzungen; der Nahbereich ist dann ausreichend tragfähig für eine Vielzahl gering spezialisierter Gelegenheiten (täglicher Bedarf u. ä.); und auch das Angebot höher spezialisierter Gelegenheiten profitiert vom größeren Nachfragepotenzial im Nahbereich.

41 Mit unterschiedlichen Betonungen bei Curdes 1997a, Jacobs 1963/1993, Lynch 1976, Sennett 1983, Siebel 1994, Steinbach 1994 und Polster/Voy 1993.

42 So kritisieren etwa Polster/Voy 1993 die Auffassung von Niethammer, der von "urbanisierten Gesellschaften", von der Diffusion (großstädtischer Lebensweise spricht, weil er damit "dem Subjektivismus in der Urbanitätsdiskussion die Entleerung des Begriffs" (Fußnote auf S. 347) entgegensetzt.

43 Die genannten Aspekte betreffen grundsätzlich nicht nur den Personenverkehr, sondern auch zahlreiche andere Erschließungsaufgaben. Sie sind Gegenstand einiger Studien zum Zusammenhang von Infrastrukturkosten und Siedlungsentwicklung: Braumann 1988, Ecoplan 2000, Doubek 2001.

- Hochwertige ÖV-Angebote (2.4.2): Die Anzahl Gelegenheiten im Fußgänger-Einzugsbereich von Haltestellen ist wichtigste Bestimmungsgröße für ÖV-Qualität. Diese Gelegenheitsdichte wird hier erst dann als wirklich ÖV-affin eingestuft, wenn sie ein Nachfragepotenzial schafft, das einen spontanen Fahrtantritt (ca. 7,5-Minuten-Takt!) über den Tag und die Woche ermöglicht. Der Linienzusammenhang erfordert ähnliche Dichten der an einer Linie liegenden Einzugsbereiche, da ein vertretbares Verhältnis von Erschließungsgewinn (für Ein-/Aussteiger) zu Fahrzeitverlust (für Durchfahrer) an jeder Haltestelle gegeben sein sollte.
- Nutzungskonflikte (2.3.3): Die hohe Verkehrserzeugung und Flächenknappheit dichter Quartiere verursacht einen hohen Verkehrsaufwand im MIV durch Warteprozesse, Störwirkungen und Flächenanspruch für Fahren und Parken.

Bei bereits sehr hoher Dichte nehmen die positiven verkehrlichen Effekte weiterer Verdichtung wieder ab. Ursächlich sind die Bedeutung von (fehlenden) Freiräumen als Gelegenheiten(mangel), der zunehmende Aufwand für Vertikalverkehr (Aufzug) und übermäßige Anonymität (siehe unter Öffentlichkeit).

2.6.2.2 Nutzungsmischung

Nutzungsmischung ist ein komplexer Begriff. Je nach Zweck der Nutzungsmischung sind Nutzungsarten und Maßstabebene zu definieren: Welche Nutzungen als gleich und welche als unterschiedlich anzusehen sind und in welchen Raumausschnitten unterschiedliche Nutzungen auftreten müssen.

Bereits oben wurde für die Öffentlichkeit von Straßen eine Nutzungsmischung für relevant erachtet, die Nutzungen nach zeitlicher Anwesenheit unterscheidet (z. B. Wohnen und Arbeiten) und innerhalb von Gebäuden oder kurzen Straßenabschnitten stattfindet.

Auf der Maßstabebene des Quartiers bzw. kurzer Fußwege erfüllt Nutzungsmischung zwei weitere verkehrliche Zwecke:

- Kurze Fußwege bis ca. 500m (s. Kap. 2.1.2): Eine in dieser Hinsicht wirksame Nutzungsmischung kombiniert Nutzungen hoher Spezialisierung bzw. geringer Austauschbarkeit (Wohnen, Arbeiten, Bildung u. ä.) mit Nutzungen geringer Spezialisierung und hoher Austauschbarkeit (vor allem publikumsintensive Einrichtungen des täglichen Bedarfs) (diskutiert etwa bei Beckmann 1995).
- Gleichmäßige Auslastung von Infrastrukturen (s. Kap. 2.4.4): Zu mischen sind hierfür Nutzungen mit unterschiedlichen zeitlichen Rhythmen und räumlichen Orientierungen. Auch für den MIV ist eine solche Nutzungsmischung zur gleichmäßigen Auslastung von Stellplatzanlagen und Straßen günstig.

2.6.2.3 Öffentlichkeit des Straßenraums

Der Begriff der Öffentlichkeit wird hier verwendet als ein Maß für die Anwesenheit von Menschen in Straßen oder in Räumen mit Straßenbezug. Somit stellt Öffentlichkeit gleichzeitig ein Maß für gebäudebezogene Nutzungsansprüche an den Straßenraum dar⁴⁴. Positive Wirkungen von Öffentlichkeit auf insbesondere den nichtmotorisierten Verkehr sind Erlebnisreichtum, soziale Kontakte und soziale Sicherheit (vgl. Kap. 2.1.3). Ihre negativen Wirkungen Nutzungskonkurrenz und Störungsempfindlichkeit betreffen vor allem den motorisierten Individualverkehr (vgl. Kap. 2.3). Entscheidender als die räumliche Verteilung von Spitzenwerten erscheinen hier solche Konstruktionselemente von Öffentlichkeit, die in jedem Straßenabschnitt erzielbar sind und Mindestanforderungen erfüllen (s. Kap. 2.1.3, vgl. Curdes 1997a, Feldtkeller 1994):

- Straßenbezug der Bebauung
- Nutzungsmischung in Gebäude und Straßenraum
- Offene und integrierte Erschließungsnetze

Für eine hohes Maß an Öffentlichkeit ist darüber hinaus auch eine hohe straßenbezogene Nutzungsdichte günstig (Geschossfläche oder Anzahl Einwohner und Besucher pro Quadratmeter Erschließungsstraße). Entscheidend für die Beziehung von Bebauung und Straße sind jedoch vor allem die unteren zwei bis drei Geschosse. Eine hohe straßenbezogene Nutzungsdichte wird daher nicht zu den hier betrachteten Voraussetzung für ein Mindestmaß an öffentlicher Sicherheit gezählt. Außerdem kann sich bei zu hoher Dichte ihre Wirkung auch ins Negative wenden; durch Anonymität und Abgabe von Verantwortlichkeit.

2.6.2.4 Lokale Urbanität und reale Siedlungsentwicklung

Die **Siedlungsentwicklung der vergangenen Jahrzehnte** hat die genannten baulichen Voraussetzungen für Dichte, Mischung und Öffentlichkeit massiv verschlechtert⁴⁵. Im Neubau dominierten eingeschossige Gewerbegebiete und Einfamilienhausgebiete mit geschlossenen Erschließungssystemen (Stich-/Schleifenstraßen). Aber auch dichte (Neu-)Baugebiete entwickelten sich verstärkt zu bzw. in großen Flächen gleicher Nutzung (Gewerbeauslagerung, neue Wohn- oder Bürostadtteile, Tertiärisierung und City-Bildung) und geringem Straßenbezug (durch Abstand(sgrün), EG-Garagen, Gebäudestellung, Mall-Bildung etc.). Als Kontrast zu dem hier gewählten Oberbegriff "lokaler Urbanität" erweist sich der Begriff der Suburbanisierung als

44 Diese Definition unterscheidet sich etwa von Guggenberger (1998), der neben die Interaktion auch die gesellschaftliche integrierende Wirkung der Straße "als belebtes Außen" stellt: "Schon die Vitruvsche Architekturphilosophie belehrt uns, was einen Raum zum öffentlichen macht: daß er jedem, 'wer es auch sei', zugänglich ist; daß seine Nutzung unvorhersehbar ist und funktional nie eindeutig zu umschreiben" (S. 64). Dies setzt jedoch die gleichen baulich-räumlichen Bedingungen wie für eine hohe Anwesenheit voraus, weshalb hier anstatt von Anwesenheit gleich von Öffentlichkeit gesprochen wird.

45 Vgl. Guggenberger 1998, Apel 1995, Glasze 2001

äußerst treffend zur Beschreibung einer solchen Siedlungsentwicklung (so auch Polster/Voy 1993, S.323).

Der Abgesang mancher Autoren auf Urbanität im Sinne Dichte, Mischung und Öffentlichkeit in zukünftigen Siedlungsstrukturen (z. B. bei Sieverts 1998) erscheint jedoch vergangenheitsbezogen und nicht zwangsläufig :

- Die Suburbanisierung wird in starkem Maße auch durch verstärkende Rückkopplungen zwischen MIV-Wachstum, Verschlechterungen im Umweltverbund und der Siedlungsentwicklung vorangetrieben (s. Abb. 5, in Kap. 2.3). Autonome Trends lassen sich kaum von ungewollten Nebenwirkungen trennen.
- Individuelle Präferenzen werden darüber hinaus durch eine Planung und Politik beeinflusst, in denen seit über 70 Jahren ausgesprochen Urbanitäts-feindliche und in der Nachkriegsgeschichte zudem MIV-orientierte Leitbilder vorherrschen (vgl. Bodenschatz u.a. 2001). Daraus resultieren zahlreiche Rahmenbedingungen, Investitionen und Planungsvorgaben zugunsten Suburbanität, Entfernung und MIV (vgl. Apel/Henkel 1995, Winning 1998b). Gerade diese Vorgaben sind neu zu bewerten und nicht zu perpetuieren.
- Es lassen sich zahlreiche technische und gesellschaftliche Entwicklungen feststellen, die die Bedingungen für hohe lokale Urbanität begünstigen; etwa ein zunehmender Anteil Mischungsfähiger Arbeitsplätze in der "Dienstleistung- bzw. Wissensgesellschaft" (Jessen 1997) oder moderne Produktionstechniken, die die Nutzungskonflikte zwischen Wohnen und der „sauberen Fabrik im Geschoss“ mindern (vgl. Ackermann 1993).

2.6.3 "Regionale Geometrien"

Auf regionaler Ebene bilden die "Quartiere" im Maßstab kurzer Fußwege die kleinste Betrachtungseinheit oder Siedlungseinheit. Als räumliches Bezugssystem zur Darstellung lokaler Urbanität wird in Kapitel 4.2.1 daher ein 500 x 500m-Endlosgitter mit einer Zellengröße von 25ha gewählt. Die "lokale Urbanität" aus dem vorangegangenen Kapitel beschreibt die verkehrlich wichtigsten Merkmale der inneren Struktur dieser Siedlungseinheiten. In regionaler Perspektive sind die Anteile der Siedlungstypen urban, semiurban und suburban an einem Siedlungs- und Verkehrssystem erkennbar. Sie sind wichtigste Bestimmungsgröße der Wahlmöglichkeiten im Fußgänger- und Radverkehr sowie des Wahlmöglichkeiten-Potenzials im Öffentlichen Verkehr.

Darüber hinaus spielen auf regionaler Ebene weitere Merkmale eine wichtige Rolle, die hier unter dem Begriff "Regionale Geometrie" zusammen gefasst werden⁴⁶.

a) Die räumliche Verteilung der Siedlungseinheiten

46 Einen Überblick über die "Geometrie" städtebaulicher Leitbilder in Vergangenheit und Gegenwart gibt Streich 1990.

- b) Die Netzgeometrie der dominanten motorisierten Verkehrssysteme
- c) Die räumliche Verteilung von Konzentrationen publikumsintensiver Einrichtungen
- d) Das räumliche Muster von Quelle-Ziel-Beziehungen

Im Mittelpunkt der folgenden Überlegungen stehen vor allem a) Siedlungs- und b) Netzgeometrie.

Großflächige, in geometrischem Sinn kompakte Geometrien haben relativ wenig Randlagen und bereits dadurch größere Wahlmöglichkeiten an gebäudebezogenen Gelegenheiten, vor allem in den Individualverkehrsmitteln mit großen flächigen Aktionsfeldern (**MIV und Radverkehr**) (s. Kap. 2.1.2, 2.2 und 2.3.2). Dieser Effekt nimmt mit steigender Größe ab, zum einen aus geometrischen Gründen (Rand-Flächen-Verhältnis), zum zweiten infolge der zunehmenden Knappheit freiraumbezogener (Naherholungs-)Gelegenheiten. Zweitgenannte Wirkung kann durch Freiraumnetze innerhalb großer Siedlungsflächen abgemildert werden. Aus MIV-Sicht sind solche Freiräume zusätzlich als Korridore für Schnell- und Umfahrungsstraßen günstig (s. Kap. 2.3.3).

Für den **Öffentlichen Verkehr** ist eine Geometrie günstig, die sich in engmaschig vernetzte Perlschnurelemente aufteilen lässt (s. Kap. 2.4.3). Die Bandbreite möglicher Strecken-, Knoten- und Haltestellenabstände reicht dabei von großstädtischen (Abstände von wenigen hundert Metern) bis ausgesprochen kleinstädtischen (Abstände von einigen Kilometern) Siedlungsräumen. Aus Gründen der Richtungsvielfalt und der gleichmäßigen Auslastung sind dabei allseitige, eng vermaschte Netzgeometrien mit zahlreichen Knoten vorteilhafter. Systemtechnisch eher ungünstig und keinesfalls zwingend sind sternförmige Netzgeometrien mit starken Lagegünstunterschieden zwischen einem oder wenigen zentralen Knoten und ihrer "Peripherie".

Die räumliche Verteilung von Konzentrationen publikumsintensiver Einrichtungen passt sich relativ flexibel an die von Siedlungs- und Netzgeometrie erzeugten Lagegünstmuster an. Die durch Kopplungsvorteile an solchen Standorten erzielten Wahlmöglichkeiten sind im Interesse aller Akteure und bedürfen keiner besonderen Planung. Die heutigen Planungsprobleme mit "nicht integrierten" Standorten sind durch die MIV-Orientierung des gesamten Siedlungs- und Verkehrssystems bedingt. Aus Sicht des vorherrschenden Verkehrssystems MIV sind diese Standorte in der Regel durchaus "integriert" (Schnellstraßennähe, wenig empfindliche Anwohner, Erweiterungsflächen etc.). Der Rückgriff auf Zentrale-Orte-Konzepte zur "Rettung der Innenstädte" zeigt die konzeptionelle und instrumentelle Hilflosigkeit der Planung gegenüber den Entwicklungstrends: Als eines der stärksten Mittel zur Bewahrung überkommener Konzentrationen und Beziehungsmuster wird dabei in der Regel auch das ÖV-Angebot instrumentalisiert und weiter sternförmig ausgebaut.

Die häufig geäußerte Kritik am konventionellen ÖPNV, er spiegele noch die Beziehungsmuster der industriegesellschaftlichen (Kern-)Stadt wider und sei auf die flexiblen Konstellationen räumlicher Mobilität von Heute nicht eingerichtet, ist zum

Teil zutreffend⁴⁷. Sie ist jedoch falsch, wenn sie den Massenverkehr in Großbehältern als technisches System meint. Dieses kann sehr wohl allseitige Siedlungsnetze erschließen, besser jedenfalls als Zentrale-Orte-Geometrien, und dadurch individuelle "Gelegenheitenmenüs à la carte" ermöglichen.

Aus Sicht der hier vertretenen Theorie beinhaltet das Zentrale-Orte-Konzept⁴⁸ auch einen verkehrstechnischen Fehler: Es gibt mit einer Ausnahme keine merklichen Sprünge in der Aufwandsbereitschaft mit zunehmender Distanz. Einzugsbereiche lassen sich nur für den kurzen Fußweg relativ eindeutig abgrenzen (bei ca. 500m). Darüber ist dies weder für spezifische Verkehrsmittel noch im Aggregat aller Verkehrsmittel möglich und ergibt schon gar keine auch nur annähernd radialkonzentrischen räumlichen Muster. Der Verkehrsaufwand in MIV und ÖV verhält sich vielmehr stark unterproportional zur Entfernung und hängt vor allem vom Vorhandensein schneller bzw. attraktiver Netzelemente ab. Auch die Versuche, angebotsseitige Tragfähigkeitsstufen im Aggregat aller Nutzungen zu definieren (wie etwa in Blotevogel 2002), können nach Ansicht des Verfassers nicht überzeugen geschweige denn in die Zukunft übertragen werden⁴⁹.

Planungsrelevant werden solche Überlegungen durch alltägliche planerische oder investive Schwerpunktsetzungen in Neubau, Umbau und Rückbau – etwa auf mehr kompakte oder mehr kleinteilige Siedlungsgeometrien (zur Frage siedlungsstruktureller Veränderungspotentiale siehe Kapitel 5.1.2).

Die regionale Einwohner-Zahl und mit ihr die regionale Siedlungsdichte werden dabei nicht als Variable betrachtet. Die Einstufung einer Region als groß-, mittel- und kleinstädtischer Siedlungsraum bestimmt zwar massiv die absolute Höhe räumlicher Wahlmöglichkeiten. Sie ist jedoch planerisch kaum veränderbar und wird aus der Betrachtung im Folgenden daher ausgeblendet. Vertieft werden die Bedingungen **in mittelstädtischen Siedlungsräumen**; in Abb. 6 (Kap.3) in Form idealtypischer

47 So etwa Heinze/Kill 1992, ähnlich Sieverts: "Die typische netzförmige Erschließungsstruktur und die Verteilung hochspezialisierter Funktionen auf je unterschiedliche Zentren, die jeweils ihren eigenen ökonomischen 'Gesetzmäßigkeiten' der Erreichbarkeit und ihrer Einzugsbereiche entsprechend an unterschiedlichen Standorten liegen, ermöglichen zwar den Benutzern mit dem Auto (...) sich ihre eigene Metropole 'à la carte' in Form hochspezialisierter Lebensinseln zusammenzustellen, schließt aber die Nichtautofahrer (...) von einer selbstbestimmten Nutzung der Zwischenstadt aus. Dieses Problem ist auch mit dem herkömmlichen öffentlichen Nahverkehr nicht zu lösen, weil der diffuse, flächige Charakter keinen konventionellen ökonomischen Bahn- oder Busbetrieb in der erforderlichen Taktfolge zuläßt." (1998, S.93)

48 Das Zentrale-Orte-Konzept geht ursprünglich von der Annahme aus, dass das Bestreben der Nachfrager, den Abstand zu einem Anbieter zu minimieren, und das Bestreben der Anbieter, den Abstand zu Konkurrenten zu maximieren, eindeutige radialkonzentrische Zuordnungen von Siedlungsflächen bzw. Einwohnern zu Angeboten (Zentren) hervorbringt. Dass dies auf mehreren Maßstabebenen stattfindet (Grund-/Klein-, Unter-, Mittel-, Ober-Zentrum) wird begründet mit Stufen in der nachfrageseitigen Aufwandsbereitschaft ("äußere Reichweite von Gütern") und Stufen in angebotsseitigen Mindestgrößen und Tragfähigkeiten ("innere Reichweite von Gütern") (Heinritz 1979).

49 Vgl. Albers/von Ofen 1995. Ähnlich "theoretisch" wie die Abgrenzung von Tragfähigkeitstufen erscheinen die darauf aufbauenden Beiträge zur Feststellung optimaler oder Mindestgrößen von Stadtteilen, Wohneinheiten, Nachbarschaften etc. (vgl. z. B. Breitling 1974, Borchard 1974 und 1994). Ausführlich kritisieren daher Kreibich u.a. 1989, dass die Orientierung der Infrastrukturplanung am starren Zentrale Orte-Konzept, das Kriterium der Erreichbarkeit der Einrichtungen durch die Nutzer eben gerade nicht befördert, sondern vielmehr in den Hintergrund gedrängt hat (vgl. auch Deiters 1996).

Leitbilder und in Kapitel 5.1 als konkrete Entwicklungsszenarien für den ausgewählten Untersuchungsraum. In Kapitel 5.3.2 wird die Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse auf groß- und kleinstädtische Siedlungsräume weitgehend positiv beurteilt.

3 **Ausgewählte Leitbilder der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung**

In diesem Kapitel werden die in Kapitel 2.6 hergeleiteten siedlungsstrukturellen Hauptmerkmale lokale Urbanität und regionale Geometrie miteinander kombiniert. Dabei wird berücksichtigt, dass von der Siedlungsstruktur wie in Kapitel 2.1 bis 2.4 beschrieben, immer auch die Effizienz der Verkehrssysteme abhängt. Die Siedlungsstrukturmerkmale können daher um ein weiteres Hauptmerkmal ergänzt werden, die Verkehrsmittel-Orientierung.

Eingedenk der weiteren Zusammenhänge zwischen den Verkehrssystemen und der regionalen Geometrie können gewisse Kombinationen von lokaler Urbanität und regionaler Geometrie von vorneherein als verkehrlich ineffizient eingestuft und aus der Untersuchung ausgeschlossen werden:

- Suburbane und damit MIV-orientierte Siedlungsstrukturen weisen keine sternförmigen regionalen Geometrien auf.
- Semiurbane Strukturen können zwar auch netzförmig organisiert werden. Um hier jedoch noch einigermaßen befriedigende Wahlmöglichkeiten im Fußgänger- und Radverkehr zu erzielen, erscheint eine großflächige und sternförmige Geometrie naheliegend.

Die fünf hier vorab als verkehrlich zweckmäßig betrachteten Merkmalskombinationen werden im Folgenden als Leitbilder formuliert (s. Tab. 2 und Abb. 6)

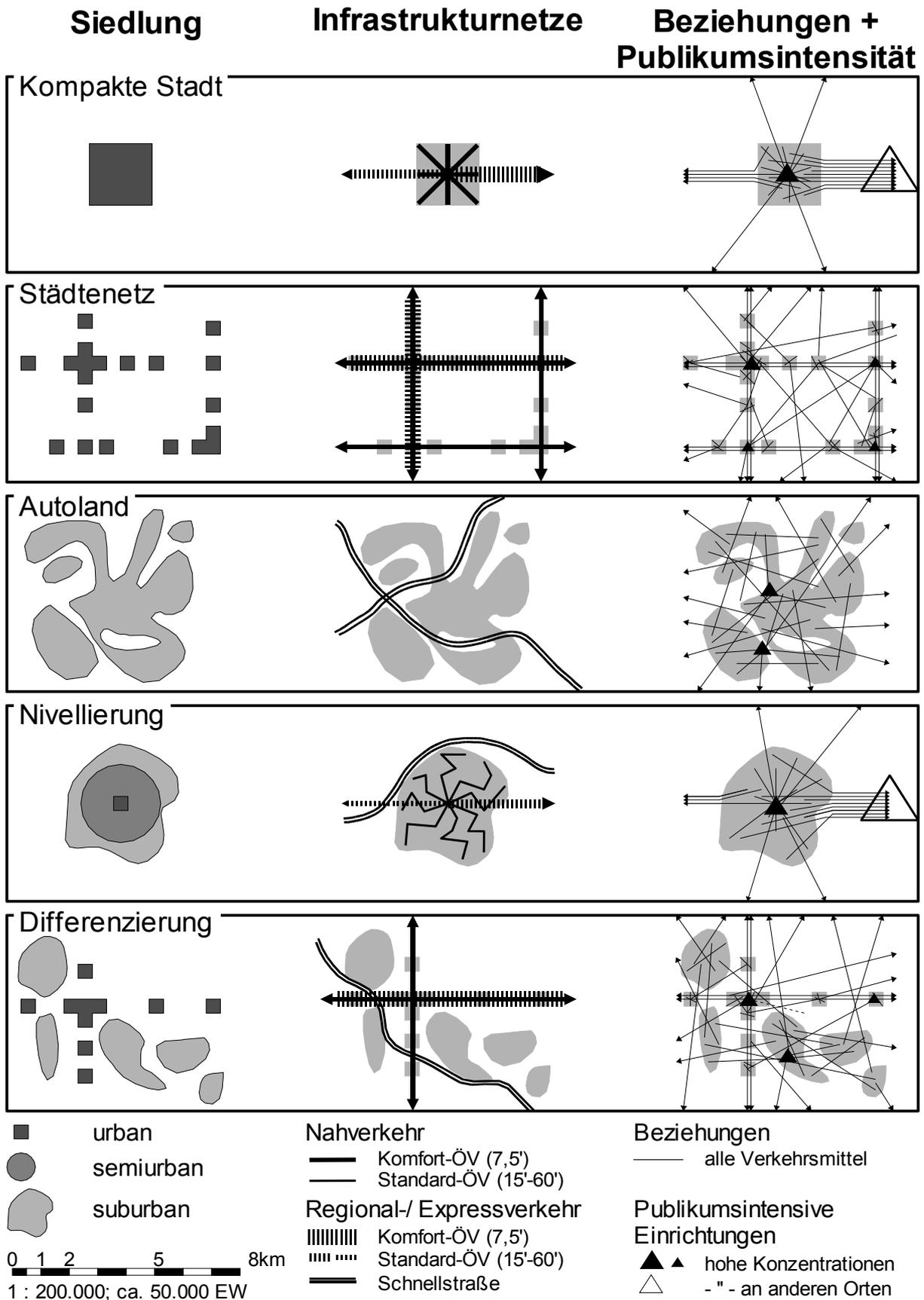
Die graphische Darstellung fokussiert wie auch die gesamte weitere Untersuchung auf mittelstädtische Siedlungsräume. Die Übertragbarkeit der Untersuchungsergebnisse auf groß- und kleinstädtische Siedlungsräume wird in Kapitel 5.3.2 erörtert.

Die Leitbilder beschreiben „Endzustände“ unabhängig von Bestand, Zeithorizonten und Veränderungspotenzialen, um Unterschiede deutlich ausprägen zu können. Leitbilder haben vor allem eine Zielfunktion für den fachlichen und den politischen Diskurs. Sie stellen kein 1:1-Modell zukünftig möglicher Realität dar, sondern bieten Orientierung für wissenschaftliche Fragestellungen sowie politisch-planerische Entscheidungen. Veränderungspotentiale der Siedlungsstruktur werden deshalb hier noch nicht, sondern erst im Zuge der Szenariobildung in einem konkreten Untersuchungsraum in Kapitel 5.1 berücksichtigt.

Die wissenschaftlichen, politischen und planerischen Konsequenzen der Leitbilder werden hier zunächst nicht diskutiert. Angesichts der offenkundigen überragenden gesellschaftlichen Bedeutung von „Mobilität“ dürften politische Mehrheitsfähigkeiten zu Inhalten und Instrumenten nicht zuletzt von den Ergebnissen verkehrsplanerischer Bewertung abhängen. Aus Sicht der hier gut abschneidenden Leitbilder bzw. Szenarien werden in Kapitel 6 Konsequenzen angedeutet.

	Vkm-Orientierung	Lokale Urbanität	Regionale Geometrie
1) Kompakte Stadt	NMV und ÖV	urban	groß, Stern
2) Städtetz	ÖV und NMV	urban	klein, Netz
3) Autoland	MIV	suburban	/ , Netz
4) Nivellierung	unspezifisch	semiurban	groß, Stern
5) Differenzierung	wie 2) und 3)	wie 2) und 3)	wie 2) und 3)

Tab. 2 Leitbilder nach Hauptmerkmalen



Schematisch am Beispiel einer Stadt mittlerer Größe

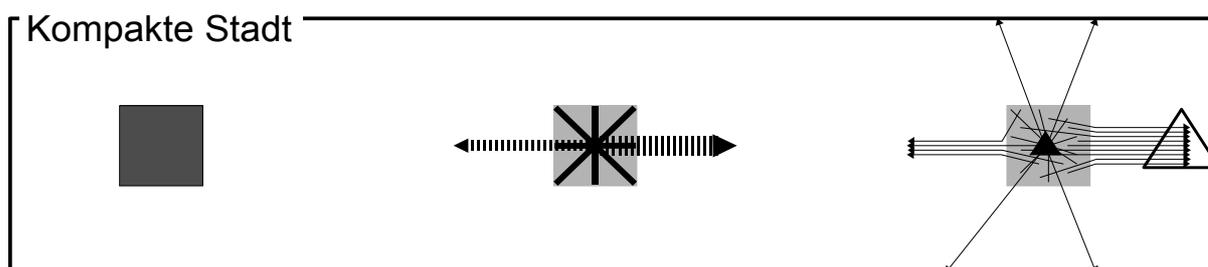
Abb. 6 Leitbilder der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung

3.1 KOMPAKTE STADT UND STÄDTENETZ

Die Leitbilder Kompakte Stadt und Städtenetz sind urban und Umweltverbundorientiert. Sie stehen stellvertretend für viele Ansätze, die aus ökologischen, sozialen, kulturellen und ökonomischen Gründen eine Rückbesinnung auf die europäische Stadtebaubautradition, auf Dichte, Mischung und Öffentlichkeit für notwendig erachten (vgl. Jessen 1998). Eine massenhafte MIV-Benutzung wird als damit unvereinbar eingeschätzt. Der Öffentliche Verkehr bietet höchste Komfort-Standards bei hoher Auslastung und deshalb geringen Kosten (jederzeit spontaner Fahrtantritt, kurze Wartezeiten bei Umstieg, Bevorrechtigung etc.). Fußgänger- und Radverkehr profitieren von einer geringen MIV-Belastung und höchsten Naherreichbarkeiten.

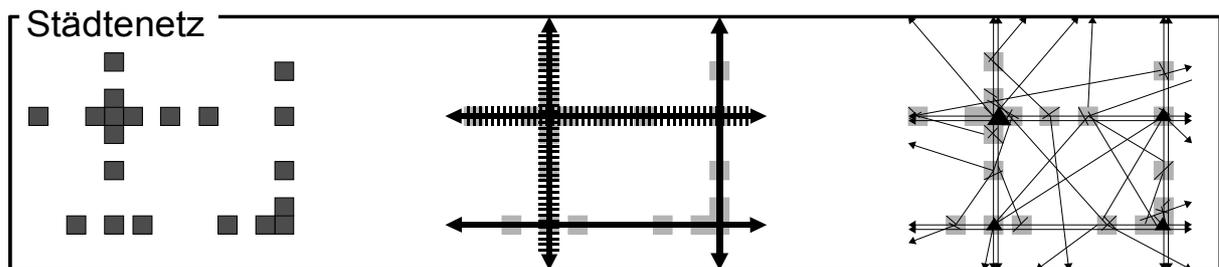
Beide Leitbilder sind auf der Ebene lokaler Urbanität identisch. Auf der Ebene regionaler Geometrie zeigen sie die Bandbreite unterschiedlicher Ausprägungen auf, die in unterschiedlichen Ausgangsbedingungen oder Zielsetzungen begründet sein können:

Die Siedlungsgeometrie der **Kompakten Stadt** orientiert sich vor allem an den zusätzlichen Wahlmöglichkeiten-Gewinnen im Fußgänger- und Radverkehr durch die Minimierung von Randlagen und strebt daher eine eher großflächige oder "kompakte" Geometrie an. Kopplungsvorteile führen zu einer relativ starken Konzentration publikumsintensiver Einrichtungen in der Stadtmitte bzw. an den Haltestellen des Regionalverkehrs, z. T. auf Kosten der Nahversorgung in den Quartieren. Die innere ÖV-Erschließung (Nahverkehr) orientiert sich sternförmig auf diese "zentralen Orte" und bricht am Stadtrand ab. Die großen regionalen Abstände bedingen das Umsteigen zwischen Nah- und Regionalverkehr. Es entstehen größtmögliche zusammenhängende Natur- und Landschaftsrume. Die relativ richtungsarme Zuordnungen zu gemeinsamen (Stadt-)Mitten schlagt sich entsprechend auch in den räumlichen Beziehungsmustern nieder: im Binnenverkehr der Städte dominieren sternförmige Beziehungen mit der Stadtmitte, im Ziel- und Quellverkehr lineare Bündel entlang der wenigen ÖV-Strecken.



Im **Städtenetz** liegt die Priorität mehr auf dem Öffentlichen Verkehr. Eine allseitige ÖV-Vernetzung wird als entscheidende Voraussetzung betrachtet, den ÖV und damit den Umweltverbund insgesamt für die Vielfalt individueller Beziehungsmuster attraktiv zu machen. Zu diesem Zweck werden vor allem lange, regional durchlaufende Linien gebildet, die in alle Richtungen und engmaschig vernetzt sind. Die Siedlungsgeometrie weist daher viele kleine urbane Siedlungseinheiten (Quartiere)

als "Trittsteine" des ÖV-Netzes auf⁵⁰. Es findet eine Überlagerung von regionalem "Nahverkehr" und "Expressverkehr" statt; letzterer bedient nur die wichtigsten Haltestellen und Knoten und umfährt nach Möglichkeit die anderen Siedlungseinheiten auf schnelleren Auerortstrassen. Die Quartiere sind aufgrund ihrer räumlichen Lage relativ eigenständig und maximal tragfähig für bzw. ausgestattet mit Angeboten der Nahversorgung. Auch Freiraum und Landschaft sind bestmöglich erreichbar. Konzentrationen publikumsintensiver Einrichtungen verteilen sich auf eine größere Anzahl an ÖV-Netzknoten. Die räumlichen Beziehungen weisen ein tendenziell flächenhaftes, allseitiges Muster auf mit gegenüber der Kompakten Stadt nur leichten punktuellen und linearen Bündelungen.



Die beiden urbanen Leitbilder, Kompakte Stadt und Städtenetz, zeigen einerseits die Bandbreite urbaner Siedlungsentwicklung bei unterschiedlichen siedlungsstrukturellen Ausgangsbedingungen. Die Kleinteiligkeit des Städtenetzes lässt selbst kleinstädtische Siedlungsräume mit urbanen Siedlungseinheiten ab ca. 2.000 Einwohnern⁵¹ für eine (Re-)Urbanisierung geeignet erscheinen. Andererseits stehen beide Leitbilder in mittel- und großstädtischen Siedlungsräumen auch in einem Verhältnis des Entweder-Oder. Eine Arrondierung der Siedlungsflächen im Sinne der Kompakten Stadt verringert das für eine Netzbildung verfügbare Siedlungspotenzial und umgekehrt. Gleiches gilt für die ÖV-Netze.

3.2 AUTOLAND

Das Autoland ist das suburbane Gegenmodell zur urbanen Stadt. In der Literatur tauchen suburbane Modelle häufig unter den Bezeichnungen "amerikanische Stadt", "Netzstadt" (Jessen 1998) oder "Zwischenstadt" (Sieverts 1998) auf⁵². Das Festhalten am Stadtbegriff erscheint dabei problematisch, wenn dieser überhaupt noch einen Inhalt haben soll. Auch die verkehrliche Konsequenz der Suburbanität, die extreme

50 Vgl. eine ähnlich kleinteilige Auffassung bei Elsasser 1999. Um Kleinteiligkeit zu betonen präferiert dieser den Begriff des Siedlungsnetzes. Um den Stellenwert hoher Urbanität zu betonen wird hier je doch auf den Stadtbegriff zurückgegriffen.

51 Eine urbane Siedlungseinheit (25ha-Quadrat in Abb. 6) bietet bei einer Einwohnerdichte von ca. 100 EW/ha bereits Platz für ca. 2.500 Einwohner

52 Einer der wenigen Autoren, der sich die Mühe einer mastaborientierten Verräumlichung einer ausgesprochen autoorientierten Siedlungsstruktur machte, war Moewes 1980 mit seinem "Stadt-Land-Verbund".

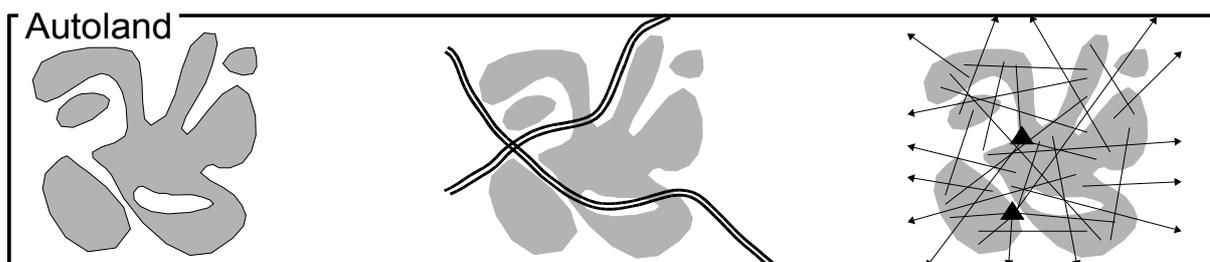
Auto-Orientierung, wird nicht immer in aller Deutlichkeit gesehen (etwa bei Sieverts, vgl. Kap. 2.5.2).

Im Autoland gehen die Entwicklungstrends von zunehmender Motorisierung und Autobenutzung ungebrochen weiter. Geschossflächenwachstum findet fast ausschließlich in suburbanen Strukturen statt. Urbanität und mit ihr hochwertige ÖV-Angebote werden auf Restflächen bzw. kleine Inselnetze zurückgedrängt. Selbst urbane Standorte wandeln sich tendenziell durch Leerstand, Abbruch und Extensiv- oder Mononutzung in semi- bzw. suburbane um. Straßen verlieren ihre Funktion als öffentlicher Raum, Fußgänger werden zur Randerscheinung mit geringsten Erreichbarkeiten. Öffentliche Verkehrsmittel dienen in weiten Teilen des Siedlungsraums nur noch der Grundversorgung nichtmotorisierter Teile der Bevölkerung.

Die Geometrie der Siedlungsflächen weist bei Autodominanz eher amorphe Muster von unterschiedlicher Größe auf. Das Verkehrsnetz ist systemimmanent extrem engmaschig und allseitig. Auf regionaler Ebene sind von dieser Struktur die grobmaschigeren Schnellstraßennetze und die dafür von Siedlungsflächen freigehaltenen Korridore erkennbar. Entsprechend allseitig ausgeprägt sind die räumlichen Beziehungsmuster.

Einer guten bis sehr guten Ausstattung mit privatem Freiraum stehen Defizite an öffentlichem Freiraum gegenüber. Siedlungsflächen wachsen auch bei abnehmenden Bevölkerungszahlen stark und vor allem an ihren Rändern. Siedlungsränder und Landschaft sind von Schnellstraßen zerschnitten und verlärmte. Flächenentwertung und Landschaftsverbrauch erreichen Spitzenwerte.

Publikumsintensive Einrichtungen konzentrieren sich relativ stark und räumlich relativ beliebig in der Nähe von Schnellstraßen und Siedlungsrändern. Die Nahbereiche sind auch für Angebote des täglichen Bedarfs kaum tragfähig.



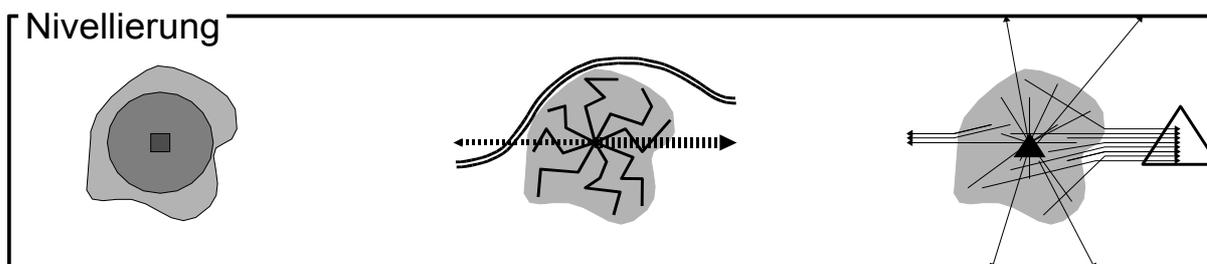
3.3 NIVELLIERUNG UND DIFFERENZIERUNG

Die Leitbilder Nivellierung und Differenzierung bilden Mittelwege bzw. Mischformen zwischen suburbanem Autoland und urbaner Stadt ab. Beide sind damit auch bestands- bzw. praxisnäher als die urbane Stadt, stellen jedoch kein Abbild des Status-Quo dar. Das Leitbild Nivellierung steht stellvertretend für heute vorherrschende

Leitziele und Strategien räumlicher Planung. Das Leitbild Differenzierung schlägt ein Nebeneinander von urbaner Stadt und Autoland vor.

Das Leitbild **Nivellierung** orientiert sich vor allem an den traditionellen und nach wie vor starken Ordnungsvorstellungen angeglicher Lebensbedingungen und zentralörtlicher Anbindung. Siedlungsstrukturelle Unterschiede zwischen urbanen und suburbanen Bereichen werden übergangen aus Gründen einer möglichst gleichwertigen Verkehrserschließung mit allen Verkehrsarten und der Anbindung an ein gemeinsames Zentrum.

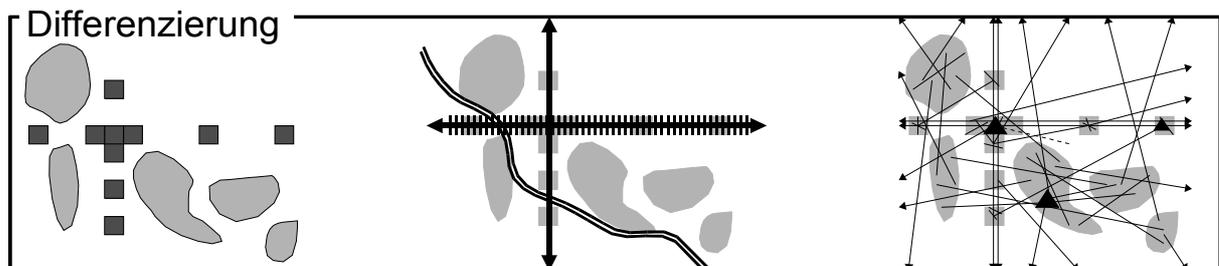
Semiurbane Siedlungsstrukturen werden präferiert, da sie am besten für eine flächig gleichmäßige ÖV- und MIV-Erschließung mit mittlerer Qualität bzw. Effizienz geeignet sind. Im Vordergrund der verkehrsplanerischen und -wissenschaftlichen Bemühungen steht die Gesamtvernetzung der Region durch "kooperatives Verkehrsmanagement" bzw. "Vernetzung der Verkehrsträger" (Park & Ride), MIV-Leitsysteme in Innenstädten sowie RegioTram oder -Bus zur Anbindung der "Peripherie" an das "Zentrum"⁵³. Großflächige Geometrien und sternförmige ÖV-Netze akzentuieren ebenfalls das Zentrum-Peripherie-Verhältnis.



Das Leitbild **Differenzierung** kombiniert die Leitbilder Städtenetz und Autoland. Es wird davon ausgegangen, dass immer sowohl suburbane als auch urbane Siedlungsstrukturen für eine Vielzahl von Nutzungen und Lebensphasen attraktiv sind, trotz oder gerade aufgrund ihrer gegensätzlichen verkehrlichen Eigenschaften. Gleichzeitig werden jedoch Ineffizienzen und urbane Standortnachteile, die durch die massenhafte Verflechtung beider Teilräume entstehen, vermieden. Der Komfort-ÖV konzentriert sich auf die urbanen Standorte. Außerhalb werden nur Mindeststandards angeboten. Dort ist Autoland und der MIV dominant, seine Benutzung innerhalb oder im Ziel- Quellverkehr urbaner Bereiche aufgrund Kostenzurechnung und knapper Infrastrukturbemessung jedoch relativ teuer und selten. Diese differenzierte Ausgestaltung der Verkehrssysteme, hier Komfort-ÖV, dort konfliktarmer Autoverkehr, gibt gerade die hohen Kosten und Belastungen der urban-suburban-Verflechtung voll an die Nutzer weiter. Damit entfällt ein wichtiger heutiger Standortvorteil suburbaner Bereiche, seine durch Kostenexternalitäten, Infrastrukturfinanzierung und sonstige Transfers geförderte Anbindung an die urbanen Bereiche bzw. Innenstädte.

53 Zwei Beispiele für diese Ansätze sind das Forschungsprojekt Mobinet München (BMBF-Forschungsfeld Mobilität in Ballungsräumen) und das Forschungsprojekt IMAGO "Stadtbus goes Region" (BMBF-Forschungsfeld Personennahverkehr für die Region) in dessen Rahmen auch diese Arbeit entstanden ist.

Die regionale Geometrie urbaner Siedlungsflächen, die ÖV-Netzform und die Verteilung publikumsintensiver Nutzungen entsprechen dem Leitbild Städtenetz – bei in etwa halbiertem Nutzerpotential und daher größeren Netzmaschen. Eine grobkörnige Verteilung urbaner Siedlungsflächen wie im Leitbild der Kompakten Stadt wäre in diesem Leitbild ebenfalls denkbar. Dies hätte jedoch wiederum Konsequenzen für die ÖV-Netze und die Beziehungsmuster des urbanen Teilsystems und würde somit eine weitere und hier nicht notwendige Differenzierung zwischen Städtenetz und Autoland in sternförmig und netzförmig nach sich ziehen.



3.4 HYPOTHESEN EINER VERGLEICHENDEN BEWERTUNG

Den theoretischen Teil dieser Untersuchung schließt nun eine erste vergleichende Bewertung der Leitbilder auf der Grundlage des Kenntnisstands von Kapitel 2 ab. Bewertungskriterium sind wiederum Räumliche Wahlmöglichkeiten in der Form des in Kapitel 1.2.2 definierten Verflechtungsindikators. Die vergleichende Bewertung wird in der Form von Hypothesen formuliert und in der weiteren Untersuchung rechnerisch überprüft.

3.4.1 Lokale Urbanität und Verkehrsmittel-Orientierung (Hypothese I)

Die lokale Urbanität wurde in Kapitel 2.6 als eines der beiden Hauptmerkmale einer verkehrlichen Betrachtung von Siedlungsstrukturen eingeführt. Die verträglichen Kombinationen von Urbanität und Verkehrsmittel-Orientierung wurden in den vorangegangenen Kapiteln als Leitbilder skizziert. Signifikant im Hinblick auf diese beiden Merkmale unterscheiden sich folgende Leitbilder:

- Urban geprägt und Umweltverbund-orientiert (Fuß, Rad, ÖV) sind die Leitbilder Kompakte Stadt und Städtenetz.
- Semiurban geprägt und ohne eindeutige Verkehrsmittelorientierung ist das Leitbild Nivellierung
- Suburban geprägt und autoorientiert ist das Leitbild Autoland.

Hypothese I: Ein Vergleich von Kompakter Stadt, Nivellierung und Autoland ergibt für die Kompakte Stadt klare Vorteile an räumlichen Wahlmöglichkeiten in allen Verkehrsmitteln und besonders drastisch in den Verkehrsmitteln des Umweltverbunds. Ein semiurbaner Mittelweg (Nivellierung) schneidet nur teilweise besser ab als das Autoland.

Der Vergleich der Verkehrsmittel innerhalb der Leitbilder verstärkt diese Bewertung: Im Autoland öffnet sich eine extreme Schere zwischen den Wahlmöglichkeiten in Auto und Umweltverbund, die als erhebliche Benachteiligung von Wegen, Aktivitäten bzw. Menschen ohne Auto angesehen werden muss. Auch im Nivellierungsszenario betragen die Wahlmöglichkeiten im Autoverkehr ein Vielfaches der anderen Verkehrsmittel

Erläuterung: Die Dichteunterschiede schlagen (mit ihrem Quadrat, vgl. Kap. 1.2.2) voll auf die Wahlmöglichkeiten im Fußgänger- und Radverkehr durch. Im öffentlichen Verkehr potenzieren sich Urbanitätsunterschiede und davon abhängige Bedienungsqualitäten zu kaum mehr quantifizierbaren Wahlmöglichkeiten-Relationen zwischen Kompakter Stadt und Autoland. Entscheidende Qualitätssprünge z. B. in der Bedienungshäufigkeit können erst bei urbaner Entwicklung realisiert werden. Im Autoverkehr werden die Nachteile geringer Urbanität an Nähe und Naherreichbarkeit durch dichtere Schnellstraßennetze sowie geringere Fahrwiderstände und Stellplatzkosten ausgeglichen, so dass sich zumindest im MIV in allen drei Leitbildern ähnliche Wahlmöglichkeiten ergeben.

3.4.2 Regionale Geometrien im Umweltverbund (Hypothese II)

Die zweite Hypothese widmet sich dem zweiten in Kap. 2.6 eingeführten Hauptmerkmal einer verkehrlichen Betrachtung von Siedlungsstrukturen, der regionalen Geometrie von Netzen und Siedlungsflächen. Da ihre Variation als nur für den Umweltverbund relevant erachtet und entsprechend in der Leitbildauswahl berücksichtigt wurde, beschränkt sich die Hypothese auf einen Paarvergleich der urbanen Umweltverbund-orientierten Siedlungs- und Verkehrssysteme: sternförmig-kompakte versus netzförmig-kleinteiligen Geometrien.

Hypothese II: Ein Vergleich von Städtenetz und Kompakter Stadt führt zu einem ambivalenten Ergebnis. Während die Unterschiede im MIV nur gering sind, gewinnt das Städtenetz den Vergleich im öffentlichen Verkehr ebenso deutlich wie die Kompakte Stadt den Vergleich im Fußgänger- und Radverkehr.

Erläuterung: Der ÖV profitiert im Städtenetz vor allem von den umsteigefreien Verbindungen durch lange, regional durchlaufende Linien. Im Hinblick auf den Fußgänger- und Radverkehr gibt die Minimierung von Siedlungsrändern dagegen den Ausschlag zugunsten der Kompakten Stadt. Im MIV spielen die etwas größeren Entfernungen im Nahverkehr des Städtenetzes kaum eine Rolle, da sie weitgehend auf schnelleren Außerortsstrecken zurückgelegt werden.

3.4.3 Mischformen der (Re-)Urbanisierung (Hypothese III)

Die dritte Hypothese widmet sich dem Vergleich der Varianten einer teilweisen (Re-)Urbanisierung. Welcher Fall bietet größere räumliche Wahlmöglichkeiten: flächendeckende semiurbane Siedlungsstrukturen mit mäßiger Verkehrsmittleignung oder die Urbanisierung eines Teils der Siedlungsstruktur mit in Qualitäten und Preisen stark differenzierten ÖV- und MIV-Netzen?

In diesem Vergleich überlagern sich Effekte von lokaler Urbanität und regionaler Geometrie; das Differenzierungs-Leitbild beinhaltet kleinteilig-netzförmige Geometrien, während das Nivellierungsleitbild mit Sternnetz und großflächigen Geometrien plausibler erscheint.

Hypothese III: Ein Vergleich von Nivellierung mit den urbanen Bereichen in Differenzierung ergibt klare Vorteile für das Leitbild Differenzierung in allen Verkehrsmitteln.

Erläuterung: Es wird erwartet, dass sich im Fußgängerverkehr die höhere Dichte am jeweiligen Ausgangsort als entscheidend zugunsten des Leitbilds Differenzierung erweist. Im öffentlichen Verkehr wird wiederum als entscheidend eingeschätzt, dass sich Nachfrage und Angebotsqualität gegenseitig so verstärken, dass erst im urbanen Umfeld die wichtigsten Qualitätssprünge (z. B. Takt) realisiert werden können. Gemeinsam mit den langen, umsteigefreien Verbindungen überkompensieren diese Qualitätsunterschiede den geringeren Erschließungsgrad im Leitbild Differenzierung, in dem nur ca. die Hälfte aller Gelegenheiten und damit nur ein Viertel aller Beziehungen vom Komfort-Netz abgedeckt werden. Der MIV findet im Fall der Differenzierung ebenfalls bessere Bedingungen vor: die urbanen Streckenanteile sind nur kurz, die etwas größeren Entfernungen können auf schnelleren Außerortsstrecken zurückgelegt werden. Ausschlaggebend dürften wiederum die hohen Gelegenheitsdichten der urbanen Bereiche sind.

4 Operationalisierung Räumlicher Wahlmöglichkeiten

4.1 ANWENDUNGSBEISPIEL SZENARIENVERGLEICH "LIPPEKREIS 2050"

Im weiteren Fortgang dieser Untersuchung werden die in Kapitel 3 skizzierten Leitbilder zu Szenarien konkretisiert und die räumlichen Wahlmöglichkeiten in diesen Szenarien berechnet. Zu diesem Zweck wird ein Untersuchungsraum und ein Zeithorizont ausgewählt und ausgehend vom Bestand leitbildkonforme Entwicklungen auf diesen Zeithorizont projiziert. Die bislang nur qualitativ beschriebenen Kausalzusammenhänge werden zu mathematischen Verknüpfungsregeln (Rechenmodell) umgeformt, die die Wirkungen von lokaler Urbanität und regionaler Geometrie (Modellinput) auf räumliche Wahlmöglichkeiten (als Modelloutput bzw. abhängige Variable) quantitativ abbilden⁵⁴ (s. auch Abb. 7).

Das **inhaltliche Anliegen** des zweiten Teils ist, die Hypothesen an einem konkreten Untersuchungsraum zu überprüfen und zu quantifizieren (Ergebnisse s. Kap. 5). Konsequenzen für Planung und Politik sollen angedeutet werden (Kap. 6.3 – 6.5).

Das **methodische Anliegen** ist, die Theorie beispielhaft in ein operables Rechenverfahren umzusetzen (s. Kap. 4.2 und 4.3 bzw. Anhang A). Es sollen die Stärken und Schwächen des Verfahrens vor dem Hintergrund des derzeitigen Erkenntnisstands und der derzeitigen Datenlage aufgezeigt werden (Methodische Schlussfolgerungen s. in Kap. 6.1 und 6.2). Bestimmte Teilmodelle werden dabei übernommen aus anderen Zusammenhängen (insb. aus Verkehrsnachfragemodellen oder gängigen Bewertungsverfahren wie der Standardisierten Bewertung⁵⁵). Andere Teilmodelle und Herangehensweisen sind dagegen weiter- oder neu entwickelt, deren Verwendung nicht auf die hier verfolgte Fragestellung beschränkt bleiben muss. Vielmehr wird im Gegenteil erwartet, dass zahlreiche raum- und verkehrsplanerische Analyse- bzw. Bewertungsaufgaben von den hier (weiter-)entwickelten Ansätzen profitieren können; etwa durch

- das Verfahren zur feinkörnigen Siedlungsstrukturanalyse (s. Kap. 4.2.2),
- die Integration verschiedener Wegezwecke und Nutzungen über Gelegenheitenäquivalente (s. Kap. 4.2.3)
- oder durch die ganzheitliche Abbildung von Verkehrsaufwand über Zeit- und Geschwindigkeitsäquivalente (s. Kap. 4.3).

Als Untersuchungsmethode wird der Vergleich von Zukunftsszenarien in einem einzigen realen Untersuchungsraum ausgewählt, weil alternative Ansätze ungeeigneter erscheinen:

54 Die Notwendigkeit der Modellbildung besteht auch bei rein bestandsanalytischen Verwendungen, da räumliche Wahlmöglichkeiten, im Unterschied etwa zur Verkehrsnachfrage, nie direkt in der Realität beobachtet oder gemessen werden können, sondern immer aus anderen Merkmalen abgeleitet werden müssen.

55 Verkehrswissenschaftliches Institut an der Universität Stuttgart und Intraplan Consult GmbH 2000.

- Für einen empirischen Vergleich heutiger Siedlungsräume sind die hier relevanten Unterschiede von lokaler Urbanität und regionaler Geometrie in der Empirie vergleichbarer Raumtypen zu schwach ausgeprägt, so dass die Leitbilder unterschiedlich und keines richtig gut repräsentiert wäre. Das Isolieren zahlreicher Störgrößen bzw. teilträumlicher Besonderheiten wäre für ceteris-paribus-Bedingungen notwendig und stünde der Szenariobildung an Aufwand und Fehleranfälligkeit kaum nach.
- Der Vergleich idealtypischer, nicht-realer Räume birgt dagegen die Gefahr, sich mit solchen Idealtypen zu weit von tatsächlich realisierbaren Zukünften zu entfernen und somit Ergebnisse zu produzieren, die für keinen einzigen realen Raum repräsentativ sind.

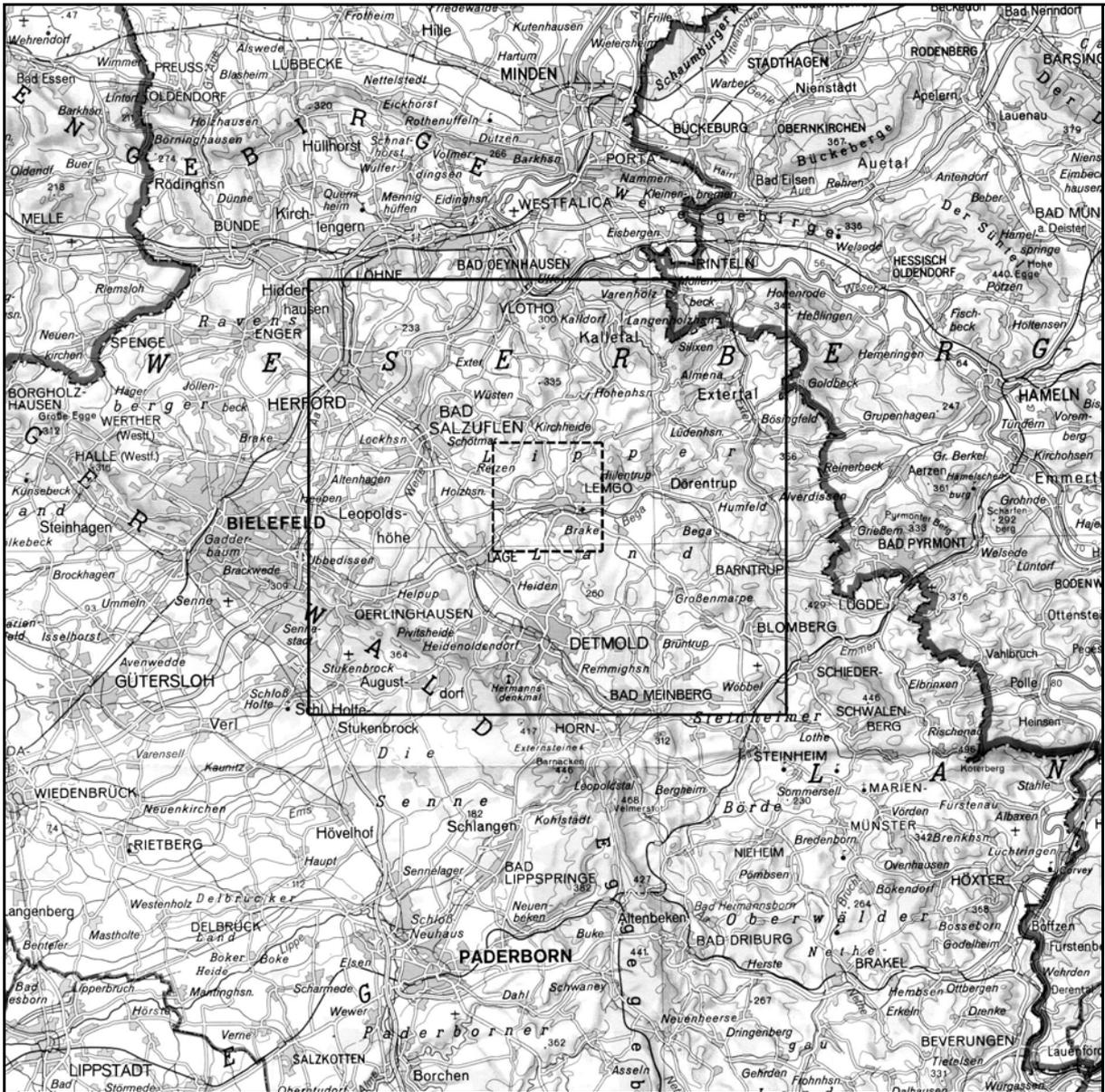
Es wird kein Status-Quo-Szenario ohne ein Leitbild als konzeptionelle Basis untersucht. Die Siedlungsstruktur eines solchen Status-Quo-Szenarios wäre angesichts der bereits im Bestand weit fortgeschrittenen Suburbanisierung (s. Kap. 5.1.1) dem Autoland am ähnlichsten, mit Ausnahme der Verteilung publikumsintensiver Einrichtungen, die eine ausgeprägte Innenstadt-Dominanz wie im Szenario Nivellierung aufwiese. Auch die heutige Netzform im ÖV ist im Bestand dem Szenario Nivellierung sehr ähnlich, die Bedienungsqualitäten sind jedoch schlechter. Die räumlichen Wahlmöglichkeiten in einem Status-Quo-Szenario können demnach grob abgeschätzt werden; sie lägen in allen Verkehrsmitteln zwischen Autoland und Nivellierung.

Mit **2050** wird hier ein **Zeithorizont** bestimmt, der einerseits möglichst große Veränderungen der „trägen“ Siedlungsstruktur vom Bestand in Richtung der Leitbilder zulässt und andererseits noch in der Bandbreite heutiger Langfrist-Betrachtungen liegt. Derartige Langfrist-Szenarien müssen natürlich erhebliche Ungenauigkeiten in Kauf nehmen. Für das hier angestrebte Niveau an Genauigkeit (s. auch weiter unten) erscheinen jedoch „Prognosefehler“ von +/- 20 Jahren unschädlich, solange die simulierten Siedlungsstrukturen überhaupt technisch-ökonomisch plausibel sind (siehe dazu Kap. 5.1.2).

Der **Untersuchungsraum** war durch die Einbindung dieser Untersuchung in das Forschungsprojekt IMAGO (vgl. Kap.1) weitgehend vorgegeben. Es handelt sich dabei in etwa um den Landkreis Lippe östlich von Bielefeld, mit gut 400.000 Einwohnern und den Mittelstädten Lemgo, Detmold, Lage, Bad Salzuflen und Herford (vgl. Karte 1). Laut BBR-Kreistypen handelt es sich dabei um einen "Verdichteten Kreis im Agglomerationsraum".

Der Untersuchungsraum bildet ein nahezu quadratisches Rechteck mit 35 bzw. 32 km Kantenlänge und 1.120 km² Fläche⁵⁶. Davon entfallen 8 x 8 km = 64 km² auf den engeren Untersuchungsraum, für den die Wahlmöglichkeiten berechnet werden (Hauptort Lemgo). Die restlichen 1.056 km² bilden den regionalen Verflechtungsraum der vom Hauptort Lemgo aus gut erreichbaren Gelegenheiten bzw. potentiellen Ziele.

56 Die Quadratur des Landkreises Lippe führte zu folgenden Abweichungen des U-Raums vom Landkreis: abgeschnitten wurden die Flächen südlich Detmolds und die südöstliche Ausbuchtung Richtung Lügde; ergänzt wurden insbesondere Herford und Vlotho im Nordwesten (s. Karte 1).



Kasten: Untersuchungsraum "Lippekreis", Kasten gestrichelt: engerer Untersuchungsraum "Lemgo"

Karte 1 Lage des Untersuchungsraums

Räumliche Wahlmöglichkeiten werden in allen vier in Kapitel 2 als **relevant erachteten Verkehrssystemen** untersucht: zu Fuß, Fahrrad, motorisierter Individualverkehr und öffentlicher Verkehr. Die skizzierten Leitbilder werden jeweils verkehrsmittelweise vergleichend bewertet. Es wird vorab weder eine Auswahl noch eine Gewichtung der Verkehrsmittel vorgenommen. Verkehrsmittel mit relativ geringen Wahlmöglichkeiten oder relativ geringen Verkehrsanteilen sind nicht bereits deshalb weniger relevant. Ebenso wichtig ist, wie sich altersbedingte, gesundheitliche oder

sonstige Einschränkungen der Verkehrsmittelverfügbarkeit auf die räumlichen Wahlmöglichkeiten von Menschen auswirken⁵⁷.

Das Verkehrsmittel ist ein Merkmal, das nicht gemittelt werden kann⁵⁸. Alle anderen Wegemerkmale werden soweit möglich auf einen für zukünftige Verhältnisse in Deutschland repräsentativen Einheitswert und in der Regel auf ihren Durchschnitt gebracht (Wegezeit, Nutzer, Verkehrszeit etc.). Ihre Differenzierung und Fallunterscheidung böte eine Genauigkeit, die hier aus Gründen des Arbeits- und Rechenaufwands sowie der Übersichtlichkeit weder geleistet werden kann, noch erwünscht ist (siehe weiter unten). Vom Prinzip der Mittelung wird nur dort abgewichen, wo die Sicherheit der Ergebnisaussagen durch zu starke Abstraktion gefährdet ist.

Abbildung 7 ordnet das allgemeine Wahlmöglichkeiten-Modell aus Kap. 1.2.1 (Abb. 2) in die nun ausreichend bestimmte Fragestellung ein. Die Bestimmungsfaktoren räumlicher Wahlmöglichkeiten sind zu unterscheiden in

- die *Unabhängigen Variablen* lokale Urbanität und regionale Geometrie (s. Kap. 2.6) und
- *Parameter*, die als Konstanten die zusätzlich notwendigen Modellinputs liefern; ihre Ausprägungen werden als Sollwerte optimierter Systeme oder empirische Durchschnittswerte bestimmt.

57 Die Verkehrsmittel-Kombination MIV – ÖV (Park&Ride) wird nicht betrachtet aufgrund der ihr innewohnenden Ineffizienz (vgl. Kap. 2.5.1). Dagegen erschließt die Verkehrsmittel-Kombination Fahrrad – ÖV (Bike&Ride) an Quelle oder Ziel durchaus zusätzliche Wahlmöglichkeiten-Potentiale für ÖV-Nutzer. Da das zu-Fuß-Gehen jedoch auch in Zukunft als maßgebliches Zu- und Abgangsverkehrsmittel optimierter ÖV-Systeme angenommen wird, bleibt Bike&Ride auf eine kurze Variantendiskussion in Kapitel 5.3.1 beschränkt.

58 Ein „mittleres Verkehrsmittel“ gibt es nicht. Weder rechnerisch, da Streckennetze, Umsteigenotwendigkeiten u. a. Systemmerkmale nicht gemittelt werden können, noch aus Sicht der Nutzer, die sich nie für ein „mittleres“ sondern immer nur für ein reales Verkehrsmittel entscheiden können.

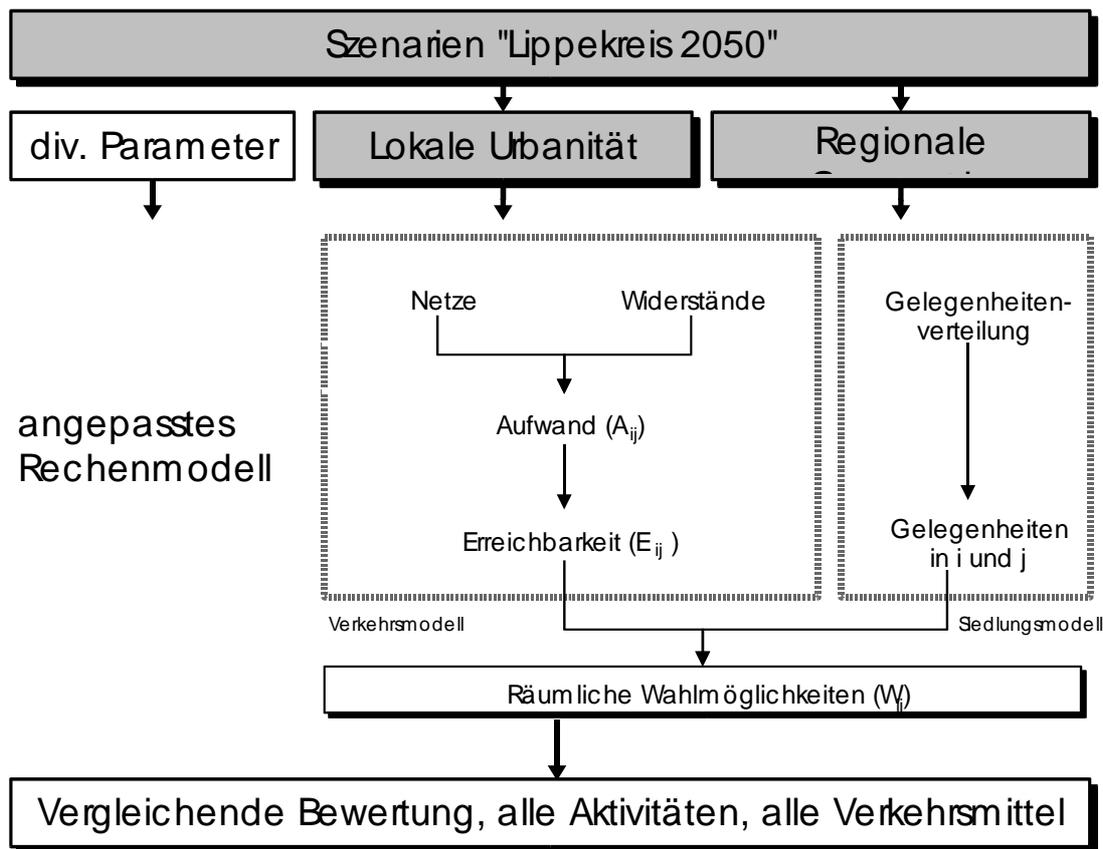


Abb. 7 Untersuchungszusammenhang des Wahlmöglichkeiten-Modells

Die meisten der als Eingangsgrößen notwendigen Daten stehen nicht in der hier für eine Wahlmöglichkeiten-Berechnung geforderten Qualität zur Verfügung. Dies betrifft ihre

- Maßstäblichkeit ("feines Korn", s. Kap. 4.2.1),
- Generalisierung (z. B. Mittelung aller Wegezwecke, s. Kap. 4.2.3),
- Differenzierung (z. B. nach Siedlungstyp, s. Kap. 4.2.3) oder
- Ganzheitlichkeit (z. B. Vollkostenansatz, s. Kap. 4.3.1.1).

Viele Daten müssen daher mit Hilfe eigener Schätzungen, Prognosen, Korrelationsanalysen und Modellrechnungen aus Empirie, Literatur oder autonom gewonnen werden. Die dabei getroffenen Annahmen zu einzelnen Wirkungen werden zwar stets erläutert, sie beruhen jedoch auf der gleichen Theorie und gegebenenfalls den gleichen Irrtümern wie die Hypothesen. Dadurch besteht vielfach die Gefahr von Zirkelschlüssen: die (Theorie der) Modellrechnung beweist die (Theorie der) Hypothesen und damit nur sich selbst.

Die Untersuchung enthält einige **"Sicherheitsvorkehrungen"**, die trotz der Neuartigkeit des Ansatzes ein ausreichendes Maß an Sicherheit der Ergebnisse liefern sollen:

- Die Quantifizierung selbst ermöglicht gegenüber der verbal-qualitativen Betrachtung der Kapitel 2 und 3 insofern einen Zugewinn an Sicherheit, als erst im quan-

titativen Ansatz gegenläufige Wirkungen saldiert und indirekte Wirkungen bilanziert werden können.

- Die Ergebnisse Räumlicher Wahlmöglichkeiten werden im Verhältnis der Szenarien angegeben (vergleichende Bewertung!)⁵⁹. Absolutwerte spielen in der vergleichenden Bewertung der Szenarien keine Rolle. Fehler, die in allen Szenarien ähnlich wirken, sind unschädlich⁶⁰.
- Verhältnisse zwischen den Verkehrsmitteln spielen in der Szenariobewertung eine nachgeordnete Rolle und werden mit nochmals reduzierter Genauigkeit („ein Mehrfaches“, „starke Unterschiede“ o. ä.) verwertet. Fehler durch das Begünstigen einzelner Verkehrsmittel sind daher weitgehend irrelevant.
- Es wird nur eine geringe Genauigkeit beansprucht. Die relativen Ergebnisse werden auf 10% gerundet und Unterschiede von +/- 10% als gleichwertig eingestuft. Es schlagen also nur erhebliche Fehler auf die Bewertung durch.
- Es werden Berechnungsexperimente durchgeführt, die die Sensitivität der Ergebnisse auf Variationen von Eingangsgrößen ermitteln („Sensitivitätsanalyse“, s. Kap. 5.3.1). Dadurch werden die besonders kritischen Merkmale identifiziert, ihre Ausprägungen nochmals sorgfältig überprüft und gegebenenfalls in die Ergebnisinterpretation ausdrücklich mit einbezogen. Die Stabilität der Ergebnisse wird einschätzbarer.
- Ergebnisse, die die Hypothesen bestätigen, werden zusätzlich abgesichert, indem bei der Modellbildung im Zweifelsfall eher hypothesenkritische Annahmen getroffen werden. Im Text wird an zahlreichen Stellen auf ein solches Vorgehen hingewiesen. Der aufmerksame Leser wird durch die Kenntnis der „Vorurteile“ des Verfassers in die Lage versetzt, gegebenenfalls dennoch verbliebene Tendenzen im Detail und in der Interpretation der Ergebnisse aufzuspüren.

Der weitere **Arbeitsgang** von den heutigen Siedlungsstrukturen und Verkehrsangeboten im Untersuchungsraum zu den räumlichen Wahlmöglichkeiten der Szenarien im Jahr 2050 gliedert sich in Szenariobildung und Modellbildung:

- In der **Szenariobildung** in Kap. 5.1 werden die Ausprägungen der Ausgangsmerkmale lokale Urbanität und regionale Geometrien bestimmt. Zu diesem Zweck werden sie zunächst im Bestand im Jahr 2000 erhoben und dann anhand leitbildspezifischer Entwicklungsrichtungen und -potenziale in das Jahr 2050 fortgeschrieben.
- In der **Modellbildung** in den Kapiteln 4.2 und 4.3 wird der Rechenweg von den Ausgangsmerkmalen zu den räumlichen Wahlmöglichkeiten (entlang der Pfeile in Abb. 7) ausgearbeitet. Hierzu werden die wichtigsten Wirkungen der Ausgangsmerkmale auf räumliche Wahlmöglichkeiten in Rechenoperationen übersetzt; im

59 Damit wird aus der Not eine Tugend: Für die hier vorgenommene Bewertung sind mangels vergleichbarer Untersuchungen (bislang) keine anderen Maßstäbe verfügbar, als die jeweils anderen Leitbilder.

60 Wenn in der Operationalisierung/Modellbildung im Folgenden stellenweise ein höherer Aufwand betrieben wird, als er für die Hypothesenprüfung notwendig wäre, so erfolgt dies im Hinblick auf und als Vorarbeit für zukünftige andere Anwendungen.

Siedlungsmodell die Wirkungen auf die räumliche Verteilung von Gelegenheiten (Kap. 4.2), im Verkehrsmodell die Wirkungen auf die Erreichbarkeit von Gelegenheiten (Kap. 4.3). Dabei wird auch bestimmt, in welcher Form (Skalenniveau, Dimension, Kategorien, Maßstäblichkeiten, räumliches Bezugssystem, Datenlage...) die Ausgangsmerkmale in die Rechnung eingehen bzw. von der Szenariobildung zur Verfügung zu stellen sind. Daher wird die Modellbildung der Szenariobildung vorangestellt.

In Anhang A) wird das in den folgenden Kapiteln 4.2 und 4.3 ausführlich beschriebene Modell kurz zusammengefasst.

4.2 SIEDLUNGSMODELL: FLÄCHENNUTZUNG ALS GELEGENHEITEN

4.2.1 Große Räume in feinem Korn

Räumliche Wahlmöglichkeiten ergeben sich aus der Zusammenschau von Gelegenheitenverteilung und Verkehrsaufwand (vgl. Kap. 1.2.1). Die Siedlungsstruktur spielt in dieser Perspektive eine Doppelrolle (s. Abb. 4): Zum einen setzt sie dem Verkehr einen (Raum-)Widerstand entgegen. Die daraus resultierende Abhängigkeit des Verkehrsaufwands von der Siedlungsstruktur wird im Verkehrsmodell im nächsten Kapitel 4.3 berücksichtigt. Dieses Kapitel konzentriert sich auf die Siedlungsstruktur als räumliche Verteilung von Gelegenheiten zur Ausübung ortsgebundener Aktivitäten (oder „Gelegenheitenstruktur“ vgl. Hautzinger/Pfeiffer 1996).

Seit der Abkehr von einer vornehmlich Auto-orientierten Betrachtung von Verkehr steht die Verkehrswissenschaft vor der Aufgabe, die Verkehrsmodelle an die feinkörnigen räumlichen Erschließungs- und Erreichbarkeitsmuster von Fußgänger- und öffentlichem Verkehr anzupassen (vgl. Kap. 2.1 und 2.4). In der Vergangenheit schien dies weder die Datenlage der amtlichen Statistik noch die Leistungsfähigkeit älterer Rechner- und Programmgenerationen zuzulassen. Nach wie vor nivellieren die gängigen räumlichen Bezugssysteme vieler Verkehrsuntersuchungen, mit Gemeinden und/ oder Ortsteilen als kleinster Einheit ("Verkehrszelle"), wesentliche räumliche Unterschiede in Raumausstattung, Verkehrsangeboten und Verkehrsverhalten. Vor dem Hintergrund der in Kapitel 2 erläuterten Wechselwirkungen zwischen Siedlung und Verkehr ist dies unbefriedigend. Dieses Defizit wird hier zum Anlass für die Entwicklung einer neuen Methode genommen, die die Siedlungsstruktur großer regionaler Verflechtungsräume ausreichend feinkörnig abbildet.

Die prinzipiellen Überlegungen dabei sind sowohl für den Wahlmöglichkeiten-Ansatz als auch für nachfrageorientierte Verkehrsuntersuchungen gültig und hilfreich. Auch wenn sich aus den in Kap. 1.2.3 angedeuteten Gründen das tatsächliche Verhalten eine schwächere Korrelation mit der Siedlungsstruktur aufweist als die Verhaltensmöglichkeiten, so hängt doch auch die Signifikanz etwa von „Verkehrsvermeidung durch Siedlungsstruktur“ oder von ähnlichen Fragestellungen von der Feinkörnigkeit des Siedlungsmodells ab. Erst im methodischen Detail wird relevant

und erörtert, ob es um tatsächlich aufgesuchte (= Quellen und Ziele) oder um erreichbare Gelegenheiten geht (= potentielle Quellen und Ziele oder Wahlmöglichkeiten).

Als wichtigste unabhängige Variablen dieser Szenarienuntersuchung wurden in Kapitel 2.6 die Merkmale **lokale Urbanität und regionale Geometrie** eingeführt. Die in Kapitel 3 konstruierten Leitbilder entstanden durch systematische Variation beider Aspekte. Das Siedlungsmodell hat daher in erster Linie einen operablen Bezug der Gelegenheitenstruktur zu lokaler Urbanität oder regionaler Geometrie herzustellen: Es ist anzugeben, wie sich die unabhängigen Variablen auf die räumliche Verteilung von Gelegenheiten auswirken. Gleichzeitig sind beide Merkmale sowohl für die empirische Analyse bestehender Siedlungsstrukturen als auch für die Planung tauglich zu machen. Die dafür notwendigen Hilfsgrößen (hier insb. „Siedlungstyp“ s. Kap. 4.2.2) sollen flächendeckend und unaufwändig in der im Folgenden definierten Maßstäblichkeit erhoben werden können. Ihre Korrelationen mit lokaler Urbanität und regionaler Geometrie werden im Hinblick auf theoretische Plausibilität und empirische Signifikanz überprüft.

4.2.1.1 500-Meter-Endlosgitter als räumliches Bezugssystem

Die entscheidende Anforderung für die Maßstäblichkeit des räumlichen Bezugssystems ergibt sich aus der **Entfernungsempfindlichkeit von Fußgängern** (s. Kap. 2.1.1 und 2.4.1). Im Fußgängerverkehr und damit insbesondere im öffentlichen Verkehr auf den Wegen von und zur Haltestelle müssen Entfernungs-Unterschiede von wenigen 100 Metern bereits als Erreichbarkeits-relevant eingeschätzt und vom Siedlungsmodell abgebildet werden. Die nicht unterscheidbaren Binnendistanzen einer Verkehrszelle sollten nur wenige 100 Meter (Luftlinie) groß sein⁶¹.

Eine zweite Anforderung an die Feinkörnigkeit des räumlichen Bezugssystems ergibt sich aus der Maßstäblichkeit **siedlungsstruktureller Differenzierungen** in Bestand und Planung. Als Analyseinstrument sollte das Wahlmöglichkeiten-Modell bestehende Verteilungsmuster lokaler Urbanität auch in kleinteilig strukturierten Räumen gut abbilden können. So haben dort etwa Flächen höherer Dichte häufig nur eine Längserstreckung von wenigen 100 Metern (z. B. alte Ortskerne). Als Planungsinstrument sollte das Modell einerseits siedlungsplanerische Maßnahmen üblichen Umgriffs wiederum ohne zu starke statistische Nivellierung abbilden können (B-Plan, Quartiersplan, Stadtsanierung-/entwicklungsgebiet) und umgekehrt eine leichte Übersetzung von Modellszenarien in Planungsempfehlungen und -instrumente erlauben.

Das größte Hemmniss entsprechend feinkörniger Bezugssysteme liegt im zu betreibenden **Aufwand für Datenerhebung und -verarbeitung**: Tägliche Verkehrsdistanzen von mehreren zehn Kilometern erfordern die Abdeckung von mindestens ca. Tausend Quadratkilometer großen Untersuchungsräumen. Der mathematische Zusammenhang von Zellengröße und Rechenaufwand stellt sich dabei wie folgt dar:

61 Ähnlich bzw. noch feinkörniger: Spiekermann/Wegener 2000, Fotheringham u.a. 1995 und Gehrmann 1976.

Eine Halbierung der Maschenweite von Verkehrszellen vervierfacht die Anzahl an Verkehrszellen (Datenbeschaffung!) und verachtfacht die Anzahl an potentiellen Verkehrsbeziehungen (Datenverarbeitung!). Nach wie vor setzt die Leistungsfähigkeit aktueller Programmsysteme und Rechnergenerationen Grenzen an Feinkörnigkeit. Mit dem stetigen Wachstum der Rechnerleistung rücken jedoch immer feinkörnigere Bezugssysteme in den Bereich des Möglichen. Noch wird dieser Leistungszuwachs vorwiegend für immer komplexere Routensuch-Verfahren, für soziale Disaggregation (verhaltenshomogene Gruppen etc.) o. ä. genutzt, kaum jedoch für eine ausreichende räumliche Disaggregation.

Weiterhin einschränkend wirken **Datenlage und -vergabe der amtlichen Statistik**. Von den verschiedenen verkehrlich relevanten Teil-Indikatoren von Gelegenheiten (s. o.) werden lediglich Einwohnerzahlen aktuell, flächendeckend und mit Parzellen als Raumbezug äußerst feinkörnig geführt. Jedoch kann bereits ihre Aggregation von Parzellen auf Verkehrszellen in regionalen Verflechtungsräumen mit 50 und mehr Gemeinden einen nicht mehr vertretbaren Aufwand verursachen⁶². Ein weiterer großer Erhebungsaufwand entsteht dadurch, dass „Herr der Daten“ die Gemeinden selbst sind; Selbst bei Zusammenschluss zu Gebietsrechenzentren muss von jeder einzelnen Gemeinde eine Genehmigung für die Datenverwendung eingeholt werden. Bei allen anderen verkehrlich relevanten Teil-Indikatoren von Gelegenheiten ist die Datensituation der amtlichen Statistik noch wesentlich ungünstiger⁶³.

Ohnehin erscheint eine Beschränkung auf Einwohner für eine umfassende verkehrliche Bewertung unzulässig, ebenso wie die in Erreichbarkeitsansätzen verbreitete Beschränkung auf spezifische Aktivitäten⁶⁴. Der hier verwendete Verflechtungs-Indikator misst ausdrücklich nicht Ziele oder Gelegenheiten, sondern Beziehungen (s. Kapitel 1.2.2). Die **Menge der Beziehungen ist eine Quadratfunktion der Menge erfasster Gelegenheiten**: $B = (G^2 - G) / 2$. 50 % der Gelegenheiten decken lediglich 25 % der Beziehungen ab, zu wenig für den hier vorliegenden Verwertungszusammenhang. Statt dessen sollten mit etwa zwei Dritteln eher eine satte Mehrheit der Beziehungen abgebildet werden, und damit gut 80 % ! aller Gelegenheiten. Daraus folgt, dass verkehrlich motivierte Siedlungsstrukturanalysen ganzer Verflechtungsräume nicht oder nur teilweise auf die amtliche Statistik zurückgreifen können. Der Bedarf umfassender Flächennutzungsdaten erfordert neue Wege in der Operationalisierung von Siedlungsstruktur für verkehrliche Fragestellungen.

62 Eine Aggregation auf Blockseiten oder Blöcke durch die statistischen Ämter oder Rechenzentren findet nicht flächendeckend und insbesondere in mittel- und kleinstädtischen Räumen kaum statt.

63 Z. B. Arbeitsplätze: Diese wurden flächendeckend in den alten Bundesländern zuletzt durch die Arbeitsstättenzählung 1987 erhoben. Aktuelle und ausreichend kleinräumig differenzierende Arbeitsplatzstatistiken sind daher selbst für größere Städte nur in Einzelfällen erhältlich. Die Daten der Krankenkassen oder Arbeitsämtern zu sozialversicherungspflichtig Beschäftigten sind ohnehin unbrauchbar, da sie nur für Orts- bzw. Gemeindeteile verfügbar sind, keine Beamte, Freiberufler und beschäftigte Familienangehörige beinhalten und nicht den Arbeits- sondern den Wohnort des Beschäftigten angeben. Im Allgemeinen erschweren zudem die zeitliche und räumliche Uneinheitlichkeit von Definitionen, Raumabgrenzungen, Datenformaten und Geometrien die Verwendung amtlicher Statistikdaten in standardisierten, großflächigen und feinkörnigen Raumanalysen.

64 Häufig Einkauf oder allgemeiner "zentralörtliche Aktivitäten"; z. B. Pohlmann 1995 oder Kurnol/Pütz 1997. Kritisiert wird diese Beschränkung z. B. bei Michael 1993, S. 27

Die Interpretation von geeignetem Karten- und Bildmaterial ist ein Ansatz der mit der Verbreitung und Weiterentwicklung Geographischer Informationssysteme und digitaler, kommerzieller und hochauflösender Fernerkundungsprodukte seit ca. zehn Jahren zunehmende Anwendung findet (s. nächstes Kapitel). Das zu wählende räumliche Bezugssystem kann dann auch unabhängig von den vorhandenen Bezugssystemen der amtlichen Statistik konzipiert und optimal an die Aufgabenstellung angepasst werden.

In der Abwägung der genannten Aspekte wird hier ein **orthogonales 500 x 500m-Endgitter mit quadratischen 25ha-Zellen** als räumliches Bezugssystem gewählt (s. Abbildung 8). Eine solche Raumabstraktion ist in der Siedlungs- oder Bevölkerungsgeographie keineswegs neu aber nach wie vor selten: Bereits Dheus 1970 und Marty 1982 zeigen in ihren Arbeiten die Qualitäten solcher Bezugssysteme für verschiedene Anwendungen. Bähr stellt bereits 1992 fest, dass etwa „Dichtedarstellungen auf der Basis von Gitternetzen im Zuge der Entwicklung moderner Datenverarbeitungsanlagen zunehmend an Bedeutung gewonnen“ haben (S. 40). Leider gilt das zumindest nicht für Verkehrsgeographie und Verkehrsplanung, obwohl gerade hier die Notwendigkeit feinkörniger Betrachtung zweifelsfrei nachweisbar ist (vgl. oben sowie in Kap. 2.1 und 2.4).



Ausschnitt aus Untersuchungsraum
 dicke Linie: Gemeindegrenze;
 dünne Linie: Verkehrszellen Nahverkehrsplan;
 graue Quadrate: lokale Urbanität im 25ha-Gitter.

Abb. 8 Vergleich 25-Hektar-Gitter mit üblichen Bezugssystemen

4.2.1.2 Topographische Karten und Satellitenbilder als Datengrundlagen

Im Folgenden wird die **visuelle Struktur- oder Texturerkennung als Methode der Kartenauswertung** verwendet. Eine visuelle Erkennung von Strukturtypen durch einen „menschlichen Bearbeiter“ ist relativ einfach. In der Literatur lassen sich einige Beispiele für die Typisierung von Siedlungs- und Bbauungsstrukturen in den Maßstäben 1:5.000 bis 1:50.000 finden:

- Roth u.a. 1980: 9 Typen, 1:25.000, Energieverbrauch;
- Pauleit 1998: 24 Typen, 1:5.000, Stadtklima, Hydrologie, Heizenergie;
- Arlt u.a. 2001: 4 x 3 Typen, 1:50.000, Bodenversiegelung und Bodenpreis;
- Deilmann u.a. 2001: 10 Typen, 1:5.000, Entwicklung Wohnungsbestand (nur Gebiete mit Wohnfunktion).

Alle alternativen Methoden der Kartenauswertung erweisen sich für die hier angestrebte Unterscheidung urbaner, semiurbaner und suburbaner Siedlungstypen (s. Kapitel 2.6.2) als zu ungenau oder zu aufwendig⁶⁵.

Als Datengrundlage für die Siedlungsstrukturanalyse kommen aufgrund der genannten Restriktionen topographische Karten und georeferenzierte Luftbilder der Landesvermessungsämter (BRD) sowie Satellitenbilder unterschiedlicher Anbieter in Frage. Ihre Eignung für eine Strukturerkennung der Bebauung bemisst sich nach folgenden Kriterien:

65 **EDV-basierte Flächendifferenzierung:** Bildelemente (Pixel) in Satelliten- oder Luftbildern können am Computer sowohl nach ihren Spektralwerten klassifiziert als auch in ihrer Flächenausdehnung gemessen werden. In der großmaßstäblichen Fernerkundung sind entsprechende Verfahren zur Unterscheidung von Landbedeckungs-, Vegetations- und Bodenarten üblich. In der kleinmaßstäblichen Siedlungsstrukturanalyse ist jedoch schon die Identifikation unterschiedlicher Dachmaterialien als Gebäude und ihre zuverlässige Unterscheidung von anderen versiegelten Oberflächen, wie z. B. Parkplätzen oder Straßen, sehr schwierig (vgl. Spitzer/Heinz, 1997, Achen, 1993, oder Albertz, 1991). Darüber hinaus ist das Merkmal Überbauungsgrad (Anteil Gebäudegrundfläche an der Siedlungsfläche) auch theoretisch als alleiniger Indikator von lokaler Urbanität ungeeignet. Wichtige Faktoren wie Gebäudehöhe und Gebäudestellung bleiben unerkannt. Diese Einschätzung wird durch die geringen Abweichung nicht widerlegt, die Kagermeier (2001) zwischen a) Siedlungsfläche, b) Gebäudefläche, c) nach Gebäudegröße gewichteter Gebäudefläche und d) realer Einwohnerzahl feststellt. Sein empirisches Prüffeld umfasst nur relativ geringe Dichteunterschiede am Ortsrand von Lemgo (im Verhältnis zu der hier betrachteten und im nächsten Kapitel vorgestellten Bandbreite).

Die EDV-basierte Strukturerkennung hat nach wie vor keine ausreichende Praxisreife, auch wenn sie schon seit längerem als Hilfsmittel der Karteninterpretation diskutiert wird. Bock stellt 1995 ein Verfahren auf der Basis "neuronaler Netze" vor, das in Trainingsgebieten die Spezifika der verschiedenen Siedlungsstrukturtypen erst „lernt“, um sie dann auf anderen Flächen selbständig zu erkennen. Noch sind vollautomatische Verfahren der Objekterkennung jedoch nicht praxisreif; noch ist das visuelle Wahrnehmen in dieser Hinsicht leistungsfähiger.

Kombination von Strukturerkennung und Flächendifferenzierung: Bei dieser Variante werden wiederum Strukturtypen unterschieden, der Grundwert eines Strukturtyps jedoch dann mit dem Anteil der Gebäudegrundfläche an der Gesamtfläche einer Zelle gewichtet. Der Vorteil dieser Methode wäre, dass mit einer geringeren Anzahl an Strukturtypen (leichtere Identifikation/ Zuordnung) eine ähnliche Genauigkeit erzielt werden könnte. Die starken Dichteunterschiede innerhalb eines Musters könnten über das Flächenmaß erfasst werden. Eine höhere Genauigkeit bei gleicher Anzahl an Strukturtypen dürfte dadurch jedoch kaum erzielbar sein. Schließlich beinhaltet die implizite Gleichwertigkeit der überbauten Flächen selbst wieder eine erhebliche Ungenauigkeit (s. o.).

Wärmestrahlung (Infrarot-Satellitenbilder): Das Messen der Wärmestrahlung wäre eine Möglichkeit, die für die Nutzungsdichte maßgebliche dritte Dimension von Gebäuden mit zu erfassen, da an der Wärmeabstrahlung gerade vertikale Außenflächen von Gebäuden in hohem Maße beteiligt sind. Die Korrelation von Wärmestrahlung und Gelegenheitendichte wird jedoch von einigen Faktoren störend beeinflusst: von der unterschiedlichen Absorption der Sonneneinstrahlung verschiedener Oberflächen, von der unterschiedlichen, z. T. mit dem Gebäudealter korrelierenden Wärmedämmung, von der Prozesswärmeabstrahlung in Industrie und Verkehr, von der Topographie, vom Wetter, von zeitlichen Anwesenheits-Rhythmen und anderen Faktoren. Daher wäre für diese methodische Variante eine sehr sorgfältige Bestimmung des optimalen Aufnahmezeitpunkts oder sogar die Analyse mehrerer Aufnahmezeitpunkte nötig (vgl. Braedt, 1989).

- **Aktualität und Aktualisierung:** Für Ist-Zustands-Analysen sind möglichst aktuelle Bilder und Karten nötig. Die Aktualisierungsrhythmen sollten verlässlich und im Idealfall nicht größer als 5 Jahre sein. Für Zeitvergleiche sind wiederholte Aktualisierungen über einen längeren Zeitraum wichtig. Die TKs 25 und 50 reichen – in analoger Form - in einigen Bundesländern weit zurück. Z. B. erzielt der Topographische Atlas von Bayern (1:50.000) bereits 1867 mit ähnlichen Signaturen Flächendeckung (Bayer. Landesvermessungsamt, 1995).
- **Räumliche Abdeckung:** Die Methode wird hier auf den Landkreis Lippe angewandt. Sie soll darüber hinaus zumindest auf die gesamte BRD übertragbar sein. Es sind also flächendeckende Karten bzw. Bilder einheitlicher Darstellung und Qualität für die BRD wünschenswert. Dies gilt für alle in Tabelle 3 gelisteten Produkte. Auch die TKs 25 und 50 sind mit einigen Nachbarländern Deutschlands schon gut vereinheitlicht (vgl. Hüttermann 1993).
- **Räumliche Auflösung/ Pixelgröße:** Eine Strukturerkennung der Bebauung verlangt eine Mindest-Auflösung von wenigen Metern. Derartige Satellitenbilder werden seit wenigen Jahren kommerziell angeboten. Die Indian-Remote-Sensing (IRS)-Daten sind jedoch mit einer Pixelgröße von fünf Metern kaum noch zur Typerkennung geeignet. Dagegen stellen die zweieinhalb Meter Auflösung der TK50 aufgrund der graphischen Abstraktion im Kartenbild kein Problem dar (s. im nächsten Kapitel).
- **Geringe Kosten:** Die Kosten dürfen kein Hemmnis für die praktische Anwendbarkeit des Verfahrens darstellen. Sie waren hier letztlich mit ausschlaggebend für die Entscheidung für die Topographische Karte. Dies dürfte auch für die Planungspraxis angemessen sein, da Sachmittel dort in der Regel ähnlich knapp sind wie im Rahmen kleiner Forschungsvorhaben. Grundsätzlich kann das entwickelte Verfahren natürlich mit allen aufgelisteten Produkten durchgeführt werden, mit der genannten Ausnahme der IRS-Daten.

Beim Formulieren möglichst eindeutiger Definitionen der verschiedenen Siedlungstypen stellte sich heraus, dass dies in der TK50 aufgrund der stärkeren Abstraktion im Kartenbild wesentlich einfacher ist als in der TK25. Darüber hinaus lassen sich zumindest Nutzungsdichten in der TK50 eher besser feststellen, da ihrer stärkeren Abstraktion vor allem kaum relevante Nebengebäude und geringe Unterschiede in den Gebäudegrößen zum Opfer fallen⁶⁶. Dagegen wäre die TK25 für Studien erste Wahl, die stärker auf Nutzungsmischung und Öffentlichkeit focussieren, da sich die Informationen zu Nebengebäuden und Kleinteiligkeit als entsprechende Hinweise interpretieren lassen (vgl. auch Kapitel 4.2.2.3 und 4.2.2.4). Hier gaben jedoch der geringere Anschaffungspreis und die gute Abbildung der Nutzungsdichte als dem für Erreichbarkeiten wichtigsten Urbanitätsmerkmal den Ausschlag zugunsten der TK50.

66 Zum gleichen Schluss kommen Arlt u. a., die nach einem Vergleich der Kartenbilder von TK50, TK25, und Flurstückskarte 1:1.000 feststellen, „dass die entscheidenden Strukturmerkmale durch die Generalisierung nicht verloren gehen“ (2001, S. 44).

Datenart	Maßstab	Auflösung (m / Pixel)	Aktualisierung	Flächen- deckung	Preis pro qkm (e) ¹⁾	Preis (e) U-Raum ²⁾
Orthobild digital ³⁾	1:5.000	< 0,5	5 Jahre	BRD	7,50	11.250,-
Digitale Dt. Grundkarte (DGK 5 G) ³⁾	1:5.000	< 0,5	5 Jahre	BRD	4,00	6.000,-
Digitale Topograph. Karte TK25 ³⁾	1:25.000	1,25	5 Jahre	BRD +	0,75	1.125,-
Digitale Topograph. Karte TK50 ³⁾	1:50.000	2,5	5 Jahre	BRD +	0,25	375,-
IRS-Satellit (PAN) ⁴⁾	/	5	1 Monat	„Welt“ seit 1996	ca. 2,-	3.000,-
Ikonos-Satellit ⁵⁾	/	1	wenige Tage	„Welt“ seit 1999	ca. 20,-	30.000,-
Quickbird-Satellit ⁶⁾	/	< 1	wenige Tage	„Welt“ seit 2001	ca. 40,-	60.000,-

1) Preise von Januar 2004

2) Untersuchungsraum von 1.500 qkm (inkl. Verschnitt)

3) Angaben für Nordrhein-Westfalen (www.lverma.nrw.de sowie telefonische Anfrage)

4) www.spaceimaging.com; Indische Satellitenmission (Indian Remote Sensing)

5) www.euspaceimaging.com

6) www.digitalglobe.com

Tab. 3 Karten und Satellitenbilder als Datengrundlagen im Vergleich

4.2.2 Analyse Lokaler Urbanität über Siedlungstypen

4.2.2.1 Siedlungstypen in der Topographischen Karte (TK50)

Verwertbare Signaturen in der TK50 sind⁶⁷

- Gebäude, als Schwarzflächen unterschiedlicher Größe, Form und Anordnung, und
- Straßen, als Doppelstriche unterschiedlicher Netzform und Maschenweite.

Kriterien für eine Typisierung von Siedlungstypen sind

- eine möglichst präzise Abbildung der Unterschiede an lokaler Urbanität (Nutzungsdichte, -mischung und Öffentlichkeit; vgl. Kap. 2.6.2) und
- eine in einer visuellen Typerkennung möglichst einfache Handhabung mit zuverlässigen, reproduzierbaren Ergebnissen.

Abbildung 9 zeigt den hier getroffenen Kompromiss mit 8 Siedlungstypen. Die Typendefinition orientiert sich dabei ausschließlich an den Gebäudesignaturen:

67 Zur Interpretation topographischer Karten im Allgemeinen vgl. Hagel 1998.

- Einfamilienhäuser sind als kleinste Gebäudesignatur der TK50 mit einer Kantenlänge von 0,3 bis 0,5 mm leicht zu erkennen⁶⁸. Die Siedlungstypen 1, 2, 3 und 4 unterscheiden sich lediglich in der Anzahl dieser Kleinstgebäude und größerer Gebäude.
- Herrschen größere Gebäude vor (max. 19 Kleinstgebäude) wird
 - a) ihre Anordnung nach Straßenorientierung (Typ 4 oder 5),
 - b) ihre Form und Größe nach Hallen- (Typ 7 oder 8) oder Geschossbebauung (alle anderen) und
 - c) ihre Dichte nach Geschlossenheit und Hofbebauung (Typ 5 oder 6) bzw. Überbauungsgrad (Typ 7 oder 8) unterschieden.

68 Ausführlich zur Gebäudegeneralisierung in der TK Meine 1977, S.196

Typ	Bestimmungsmerkmale	Kartenbeispiele			
1 Einzelhaus locker	a) kleinste Gebäudesignatur in sehr aufgelockerter Anordnung (max. 100 Gebäude) oder b) dörfliche Grundrisse (Mischung Einzelhaus - landwirtschaftl. Gebäude)				
2 Einzelhaus	kleinste Gebäudesignatur (max. 10 größere Gebäude), sofern nicht Typ 1				
3 Einzelhaus - Zeile/Block	a) Mischung von Einzelhausbebauung und größeren Gebäuden (mind. 20 Kleinstgebäude) oder b) sehr kurze Zeilen bzw. Reihen (max. 10 Gebäude 50m (1mm) oder länger)				
4 Zeile	a) überwiegend längere Gebäudezeilen, meist in Gruppen parallel angeordnet oder b) besondere Geometrien bzw. Punkthäuser mit größerem Abstand				
5 Blockrand	a) größere, überwiegend dem Straßenverlauf folgende Gebäude (max. 19 Kleinstgebäude), sofern nicht Typ 6, oder b) kleinstädtische Kerne				
6 Blockrand dicht	a) Blockränder weitgehend geschlossen und mind. vereinzelte Hofbebauung, oder b) Blockränder zu mind. ca. 50% geschlossen und intensive Hofbebauung				
7 Halle	Gewerbe- und Industriebebauung, max. 30-40 % überbaut				
8 Halle dicht + Campus	a) Großgebäude mit hohem Überbauungsgrad oder b) Gebäudekomplex, besondere Geometrien bildend (Messe, Uni-Campus etc.)				

Abb. 9 Siedlungstypen in der Topographischen Karte (TK50)

Typenliste und Beispielkatalog dienen als **Momentaufnahme** der heute verbreiteten Bauungsformen vor allem der Analyse von Bestand und Vergangenheit. Sie sind weder als abschließender Katalog bisheriger und erst recht nicht zukünftiger städtebaulicher Formensprache zu verstehen. In den Analysen in diesem und in Kapitel 5.1.1 zeigt sich jedoch, dass die Typen die Siedlungsflächen der betrachteten Teilräume zu über 95 Prozent abdecken. Offensichtlich können nahezu alle städtebaulichen Innovationen der Vergangenheit entweder einem der acht Siedlungstypen zugeordnet oder als (bislang) marginal betrachtet werden. Angesichts des doch erhebli-

chen Abstraktionsgrades der TK50 wird erwartet, dass die Typisierung auch für den Szenario-Zeithorizont 2050 noch aussagekräftig sein wird. Insofern können die Typen gleichzeitig als erste abstrakte Planungsaussagen bzw. -empfehlungen interpretiert werden.

Auch die gewählte Feinkörnigkeit kann nicht vermeiden, dass die Grenzen zwischen Siedlungstypen häufig mitten durch die Zellen verlaufen. Für solche Fälle werden hier folgende **Messregeln** angewendet:

- Nimmt ein Siedlungstyp mindestens zwei Drittel der Fläche einer Zelle ein, so wird er für die ganze Zelle veranschlagt.
- Zellen, die zu weniger als einem Drittel besiedelt sind, gelten als unbesiedelt.
- Nimmt ein Siedlungstyp zwischen einem und zwei Dritteln der Fläche einer Zelle ein, so wird ein Mittelwert gebildet
 - mit einem zweiten Siedlungstyp, wenn dieser wieder mindestens ein Flächendrittel einnimmt⁶⁹,
 - oder mit Null, wenn der Rest der Zelle unbesiedelt ist.
- Es werden nur die zwei flächengrößten Siedlungstypen einer Zelle berücksichtigt; die durch einen dritten (oder vierten) Siedlungstyp besiedelte Fläche wird dem jeweils ähnlicheren der beiden größeren Siedlungstypen zugeschlagen.

In den folgenden Unterkapiteln wird die Siedlungstypisierung aus Abbildung 9 als Analyseinstrument für Nutzungsdichte, Nutzungsmischung und Öffentlichkeit diskutiert und geeicht. Der Erfolg der Analyse lokaler Urbanität über Siedlungstypen setzt voraus, dass diesen Siedlungstypen spezifische Ausprägungen lokaler Urbanität mit ausreichender Sicherheit zugeordnet werden können.

4.2.2.2 Siedlungstyp und Nutzungsdichte im Quartier

In Abbildung 9 springen die Unterschiede der Siedlungstypen im Überbauungsgrad eher schwach ins Auge. Sie sind daher kein zuverlässiges Kriterium einer visuellen Typerkennung und werden nur in einem Fall als ein solches benutzt (zur Unterscheidung der Typen Halle (7) und Halle dicht (8)). Dennoch ist die hier gewählte Typisierung ausgesprochen Dichte-orientiert; dies ist möglich, da sich die Dichte- und Bodenverwertungsziele (bei Entstehung eines Siedlungsgebiets) nicht nur im Überbauungsgrad oder in der Gebäudehöhe, sondern gerade auch in Gebäudegrößen, -formen und -anordnungen nieder schlagen: Die Typen 1, 2, 3 und 4 bzw. 5 unterscheiden sich vor allem in der Anzahl an kleinsten und größeren Gebäudesignaturen und die Typen 5 und 6 am Maß von Geschlossenheit und Hofbebauung.

⁶⁹ Während der Bestand insbesondere an den Siedlungsrändern zahlreiche nur halb besiedelte Zellen aufweist, werden die Szenarien nur mit voll besiedelten Zellen entworfen. Aus Gründen der (graphischen) Vergleichbarkeit von Bestand und Szenarien in den Karten 3, 4 und 6 bis 10 wird die Siedlungsstruktur im Bestand deshalb leicht angepasst, indem halb besiedelte Zellen immer mit benachbarten halb besiedelten Zellen zu einer voll besiedelten Zelle zusammengefasst werden.

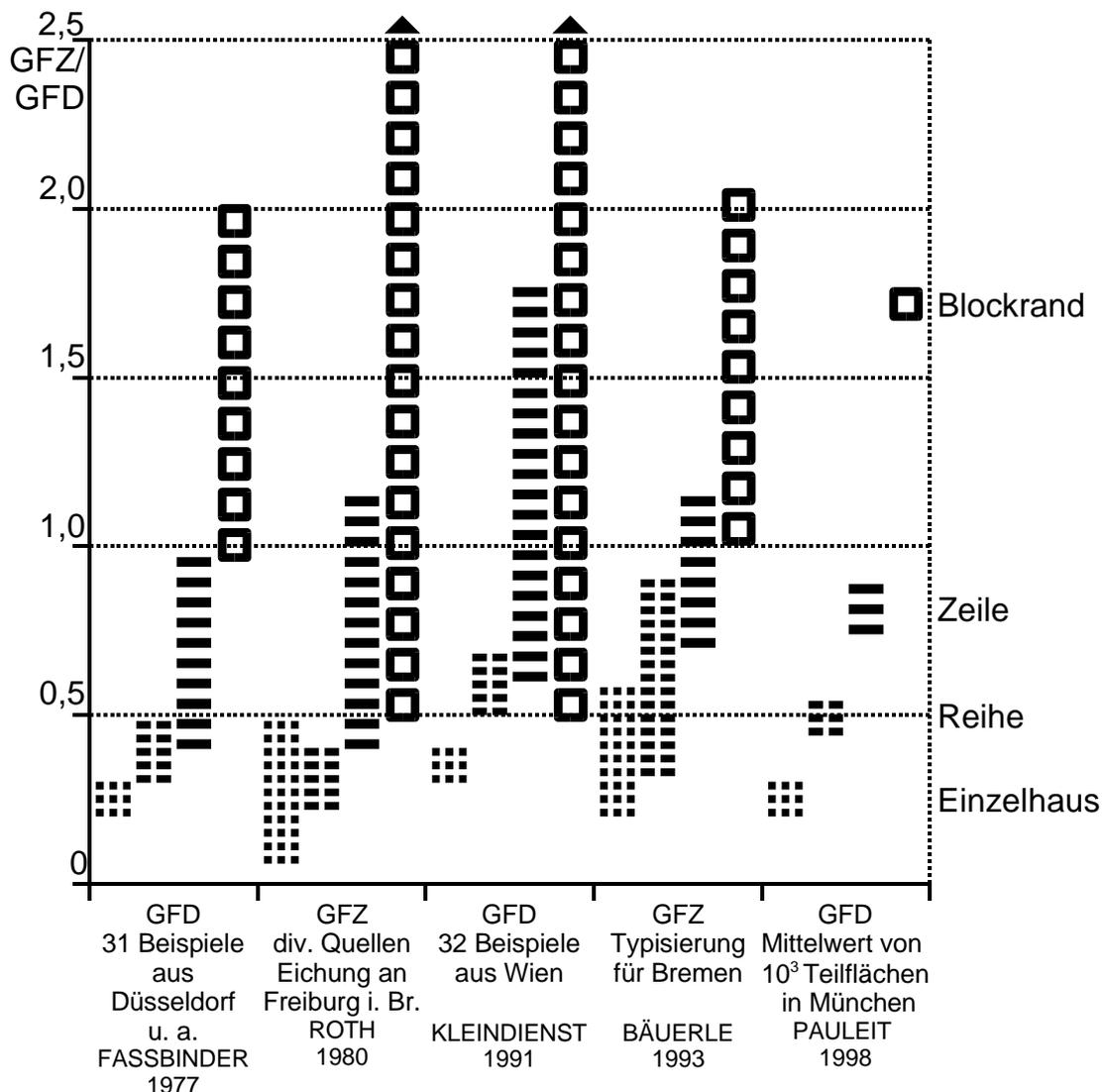


Abb. 10 Bauliche Dichte von Siedlungstypen aus empirischen Studien

Empirische Analysen bestätigen die theoretischen Überlegungen zum Zusammenhang von Siedlungstyp und Nutzungsdichte. Zu diesem Zweck wurden zunächst Geschossflächenzahlen bzw. -dichten⁷⁰ aus fünf städtebaulichen Untersuchungen ausgewertet (s. Abb. 10, ähnlich Apel 1998, Tab.3). Dabei konnten aus Gründen der Vergleichbarkeit nur vier Siedlungstypen unterschieden werden. Die z. T. großen Wertebereiche unterstreichen die Zweckmäßigkeit der oben in Abbildung 9 vorgenommenen feineren Differenzierung, etwa in Blockrand und dichtem Blockrand. Aber auch die gröberen Siedlungstypen korrelieren bereits hoch signifikant mit (baulicher) Dichte.

Eine weitere, aufwändigere Analyse wurde durchgeführt, um auch für die eigenen Siedlungstypen aus Abbildung 9 die Korrelation mit Nutzungsdichte empirisch zu

70 Mit Geschossflächenzahl (GFZ) wird das Verhältnis von Bruttogeschossfläche und Nettobauland bzw. Baugrundstück beschrieben; die Geschossflächendichte (GFD) bezieht die Bruttogeschossfläche auf das Bruttobauland inklusive Straßen und öffentliches Grün, liegt also stets etwas unter der GFZ.

bestätigen und als Analyseinstrument zu eichen. Zu diesem Zweck wurde über den Arbeitskreis deutscher Städtestatistiker nach Einwohner-Arbeitsplatz-Zahlen gesucht, die so feinkörnig aggregiert sind, dass sie in der TK50 Flächen gleichen Siedlungstyps zugeordnet werden können (Mischflächen wurden nicht ausgewertet). Fünf Städte konnten entsprechende Daten (auf der Basis) der Volks- und Arbeitsstättenzählung von 1987 zu Verfügung stellen: Ludwigshafen, Lübeck, Nürnberg, Oldenburg und Paderborn.

Die Abbildungen 11 und 12 zeigen als Ergebnis wieder eine deutliche Korrelation von Siedlungstyp und Nutzungsdichte. Pro Siedlungstyp wurden dabei maximal 2 „Ausreißer“ entfernt. Die Analyse basiert damit auf insgesamt 215 verwerteten und eindeutig zuordbaren Fällen oder 20 bis 45 Fällen pro Siedlungstyp, mit Ausnahme von Einzelhaus locker (7 Fälle) und Halle dicht (13 Fälle). Die Intervallschätzung für die Mittelwerte der Siedlungstypen 1 bis 6 weist bei einer Sicherheitswahrscheinlichkeit von 95% keine Überschneidungen auf. Die Varianzanalyse in Tabelle 4 ergibt, dass die Variation der Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte in der Stichprobe zu 87 % durch den Siedlungstyp erklärt werden kann („Bestimmtheitsmaß“). Dementsprechend belegen auch der Korrelationskoeffizient r und der F-Wert die hohe Signifikanz der Korrelation.

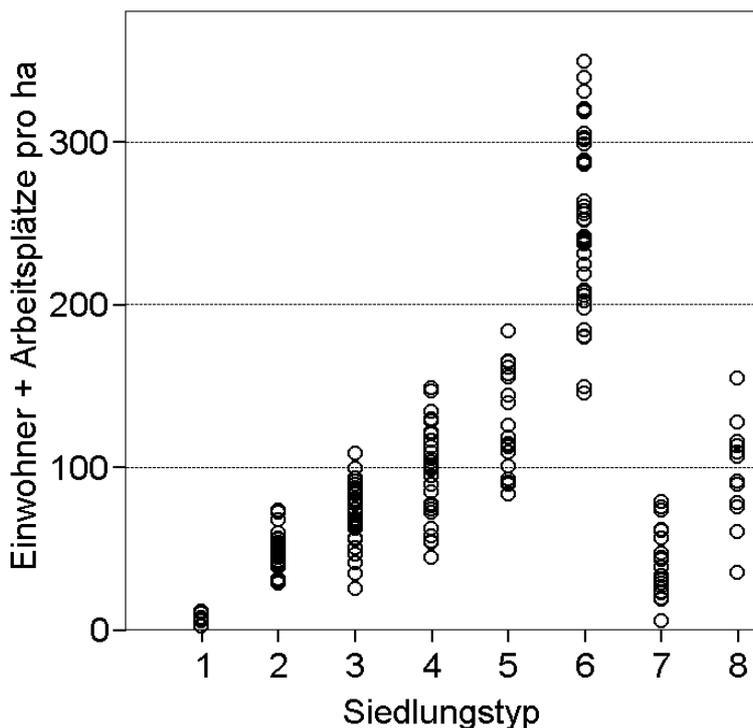
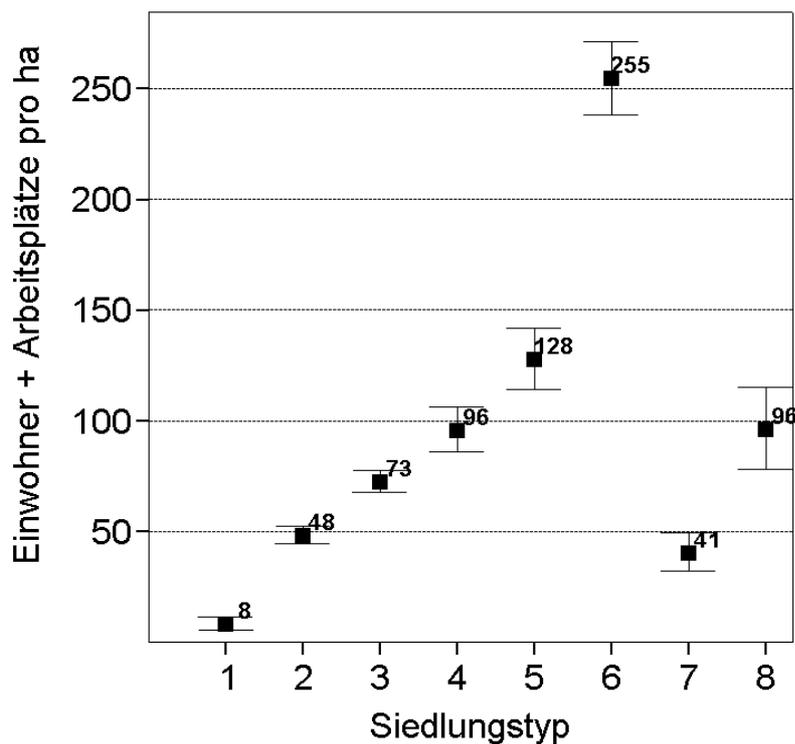


Abb. 11 Streudiagramm Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte nach Siedlungstypen (1987)



95 % Vertrauensintervall

Abb. 12 Mittelwerte Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte (1987) nach Siedlungstypen

Abweichungen der	Quadratsumme	Freiheitsgrade	Quadratmittel (Varianz)	Korrelationsmaße
- Typenmittel vom Gesamtmittel	1,3 Mio	7	0,18 Mio	
- Einzelwerte vom Typenmittel	0,2 Mio	207	0,0009 Mio	
- Einzelwerte vom Gesamtmittel	1,4 Mio	214		
F-Wert				200
F-kritisch (95%)				2
Bestimmtheitsmaß B				87 %
Korrelationskoeffizient r				0,93

Tab. 4 Varianzanalyse Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte nach Siedlungstyp (gerundet)

4.2.2.3 Siedlungstyp und Nutzungsmischung in Block und Quartier

Die Frage, inwieweit sich die Siedlungstypen aus Abbildung 9 auch als Indikator für Nutzungsmischung eignen, ist differenziert nach Mischungszweck und Maßstäblichkeit zu beantworten (vgl. Kap. 2.6.2.2).

Nähe bzw. **Naherreichbarkeit** durch die Mischung von Wohnen mit gering spezialisierten Waren- und Dienstleistungs-Angeboten ("Nahversorgung") benötigt nur wenige publikumsintensive Einrichtungen, die im generalisierten Kartenbild der TK 50 baulich kaum in Erscheinung treten geschweige denn eindeutig identifizierbar sind. Da die Tragfähigkeit für solche Angebote jedoch von der Siedlungsdichte abhängig ist, erscheint ein gewisses Maß an Korrelation zwischen Siedlungstypen und "Nahversorgungsangeboten" plausibel (siehe im nächsten Kapitel unter "Nahgelegenheiten").

Eine Nutzungsmischung zum Zweck **gleichmäßiger Infrastrukturauslastung** kann nach den Ausführungen in Kap. 2.6.2.2 in unterschiedlicher Weise auftreten:

- a) Publikumsintensive Einrichtungen, die zu einer gleichmäßigen Infrastrukturauslastung beitragen, sind gerade nicht die oben betrachteten, dichteabhängigen bzw. nahorientierten Angebote. Eine größere Stellplatz- und ÖV-Nachfrage erzeugen eher höher spezialisierte Angebote (für Versorgung, Freizeit, Bildung etc.) mit größeren Einzugsbereichen. Ihre Verteilung korreliert weder direkt noch indirekt mit den Siedlungstypen.
- b) Das Nebeneinander monofunktionaler Siedlungstypen kann sich günstig auf die Auslastung von Stellplatzanlagen und ÖV-Angeboten auswirken, deren bevorzugte Standorte dann die Nahtstellen unterschiedlicher Nutzungen sind. Siedlungstypen eindeutiger Nutzungsart sind die Typen 1, 2, 4, als Wohngebiete, und 7 und 8, als Gewerbe-, Industrie- oder Sondernutzungsgebiete. Ihr Nebeneinander kann als grobkörnige Mischung von Wohnen und Arbeiten interpretiert werden. Auch die Typen 3, 5 und 6 können zumindest im Untersuchungsraum als Gebiete mit mindestens starker Wohnfunktion betrachtet werden⁷¹.
- c) Als Siedlungstypen gemischter Nutzung können auch die Typen 3, 5 und 6 jedoch nur unter Einbezug weiterer Informationen angesehen werden. Gemischte Gebäudeformen wie sie für Typ Mix (3) und in Vorder- und Rückseite differenzierte Lagequalitäten wie sie für die Blockrand-Typen (5, 6) charakteristisch sind, sind zwar notwendige aber kaum hinreichende Bedingungen von Nutzungsmischung (vgl. Kap. 2.6.2). Für eine solche Interpretation werden größere Karten-Maßstäbe (TK25 bis GK 5) sowie feiner differenzierte Siedlungstypen empfohlen⁷².

71 Im Untersuchungsraum sind weder größere Bürogebiete in Blockrand-Bauweise noch übermäßige Tertiärisierung der Innenstädte festzustellen, wie sie in Großstädten und Ballungsräumen anzutreffen sind.

72 Der Typ 3 müsste in einen eher monofunktionalen Wohntyp 3a (Reihenhausiedlung, Mischung von Einzelhaus- und Zeilenbebauung) und einen eher gemischten Typ 3b (aufgelockerter Blockrand, lockeres Gemenge von gewerblichen und Wohngebäuden) differenziert werden. Der Typ 5 und gegebenenfalls auch 6 müsste in einen eher gleichförmig bebauten, monofunktionalen Typ 5a (Genossenschaftswohnungsbau, Büroblöcke) und in einen eher unregelmäßig bebauten, kleinteilig parzellierten Typ 5b differenziert werden.

Trotz der Defizite der Siedlungstypen als Mischungsindikator zeigt eine weitere Analyse der oben bereits im Hinblick auf die Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte ausgewerteten Daten auch im Hinblick auf die Punkte b) und c) eine hohe Signifikanz (s. Tabelle 5). Nur die Siedlungstypen Mix (3) und Blockrand (5, 6) weisen im Mittel ein gemischtes Verhältnis von Einwohnern zu Arbeitsplätzen von ca. 5 : 1 auf⁷³. Alle anderen fünf Siedlungstypen sind deutlich weniger gemischt.

Siedlungstyp		Einwohner : Arbeitsplätze	Mischung
1	Einzelhaus locker	10 : 1	
2	Einzelhaus	15 : 1	
3	Mix	5 : 1	√
4	Zeile	10 : 1	
5	Block	5 : 1	√
6	Block dicht	3 : 1	√
7	Halle	1 : 10	
8	Halle dicht	1 : 10	

Tab. 5 Einwohner-Arbeitsplatz-Verhältnis nach Siedlungstypen (1987)

4.2.2.4 Siedlungstyp und Öffentlichkeit im Straßenraum

In Kapitel 2.6.2 wurden drei Konstruktionselemente von Öffentlichkeit benannt. Mit den Siedlungstypen aus Abbildung 9 korrelieren sie wie folgt:

- **Straßenbezug der Bebauung:** Eine dem Straßenverlauf folgende bzw. ihn definierende Gebäudestellung ist Erkennungsmerkmal der Blockrand-Typen 5 und 6. In diesen Typen sind die Voraussetzungen für eine Beziehung zwischen Gebäude und Straßenraum in der Regel besser erfüllt als etwa in den Typen Zeile (4) und Halle (7 und 8). Die Einzelhausbebauung (1 und 2) sowie der Mischtyp (3) sind in dieser Hinsicht nicht eindeutig einzuordnen: Ihr Straßenbezug hängt stärker von der Lage der Eingänge, der Gestaltung eventueller Abstandsflächen und Vorgärten, den Gebäudegrundrissen, den (Erdgeschoss-)Fassaden u. ä. ab.
- **Nutzungsmischung in Gebäude und Straßenraum:** Von den baulichen Faktoren hoher Unterschiede an Lagequalität und Nutzbarkeit sind in den TK50 wiederum eine straßenorientierte Gebäudestellung im Besonderen sowie die Vielfalt an Ge-

73 Der sehr hohe Arbeitsplatzanteil im Siedlungstyp Block dicht (6) ist neben seiner baulichen Struktur auch a) seiner Lage zuzuschreiben, die sich in den fünf untersuchten Städten (s. o.) meist mit stark tertiarisierten Stadtkernen deckt und wird darüber hinaus b) durch die statistische Mittelung von Büro-/Gewerbegebieten in Blockstruktur und Wohngebieten in Blockstruktur verursacht.

bäudegrößen und -formen im Allgemeinen erkennbar. Als eher mischungsfeindlich lassen sich demnach die Siedlungstypen Einzelhaus (2), Zeile (4) und Halle (7 und 8) einstufen. Die anderen Typen müssten für eine bessere Abbildung dieses Merkmals feiner differenziert werden (s. o. bei Nutzungsmischung in Block und Quartier).

- Offene und integrierte Erschließungsnetze: Die Geometrie der Erschließungsnetze ist in der TK50 zwar gut erkennbar, weist aber keine zwingende Korrelation mit den bislang betrachteten Siedlungsstrukturmerkmalen auf und wurde selbst nicht als Typisierungskriterium verwendet. In Studien mit einem höheren Stellenwert dieses Merkmals müssten dafür andere bzw. weitere Typen-Unterscheidungen eingeführt werden.

Insgesamt ist festzustellen, dass die hier zur Typisierung verwendeten Merkmale der Gebäudeform und -anordnung notwendig aber nicht hinreichend sind, um die Straßenöffentlichkeit der Siedlungstypen zu qualifizieren. Mit hoher Sicherheit kann lediglich eine Negativauslese der Typen Zeile (4) und Halle (7 und 8) vorgenommen werden, weitergehende positive Aussagen erfordern jedoch mindestens eine feinere Differenzierung der Siedlungstypen 1, 3 und 5/6 wenn nicht sogar präzisere Kartengrundlagen (TK25 oder GK5).

4.2.2.5 Zusammenfassung: Von der Analyse zur Planung

Die Siedlungstypen erweisen sich als geeignetes Analyseinstrument für die feinkörnige Verteilung der Nutzungsdichte in großen Verflechtungsräumen. Aussagen zu Nutzungsmischung (besser: Mischungseignung) sind mit kleineren und Aussagen zur Straßenöffentlichkeit mit größeren Einschränkungen möglich. Diese Einschränkungen sind hier vertretbar, da

- a) zur Abbildung der Gelegenheitenverteilung in einer Wahlmöglichkeiten-Studie die Nutzungsdichte das wichtigste Merkmal lokaler Urbanität ist und
- b) zur Abschätzung von Verkehrswiderständen und Störungsempfindlichkeiten keines der drei Merkmale alleine für sich, sondern nur in ihrer Kombination als lokale Urbanität verwertet wird (s. Kapitel 4.3 Verkehrsmodell).

Für Untersuchungen, die Nutzungsmischung und Straßenöffentlichkeit stärker betonen, werden präzisere Kartengrundlagen (TK25 oder GK5) und differenziertere Typen empfohlen.

Tabelle 6 projiziert die gerundeten Mittelwerte der Korrelationsanalyse für 1987 auf die Jahre 1960, 2000 und 2050. Die Unterschiede zwischen den drei Zeitscheiben erklären sich aus der tatsächlichen bzw. prognostizierten Entwicklung der spezifischen Geschossflächen pro Einwohner und Arbeitsplatz (s. Fußnote zu Tabelle 6).

- Das Jahr 2050 ist Bezugsjahr der Szenariobildung in Kapitel 5.1.2.
- Das Jahr 2000 stellt den Bestand dar als Ausgangslage der Szenarientwicklung.

- Das Jahr 1960 liegt ähnlich weit zurück wie der Szenariohorizont 2050 voraus. Auch für dieses Jahr wird anhand alter topographischer Karten die Siedlungsstruktur im Untersuchungsraum analysiert.

Für die Szenarien genügt die Unterscheidung der drei Urbanitätstypen aus der Leitbildtheorie in Kap. 2.6.2 bzw. 3: urban, semiurban, suburban. Die Tabelle zeigt, wie die Dichtewerte der drei Urbanitätstypen aus den acht Analysetypen aggregiert werden. Letztere spielen in der weiteren Untersuchung keine Rolle mehr.

Siedlungstypen Analyse	Einwohner-Arbeitsplatzdichte (E+A pro ha)			Siedlungstypen Planung	
	1960	2000			2050
6) Block dicht	300	180	140	110	urban
5) Block	200	120			
4) Zeile	150	90	80	60	semiurban
8) Halle dicht	150	90			
3) Mix	115	70			
2) Einzel	75	45	40	30	suburban
7) Halle locker	60	35			
1) Einzel locker	15	10			

Entwicklungsfaktor¹⁾ 0,6 1,0 1,3

1) Die für das Jahr 1987 (Volks- und Arbeitsstättenzählung) erhobene siedlungstypspezifische Einwohner-Arbeitsplatzdichte wird über einen Entwicklungsfaktor auf die Jahre 1960, 2000 und 2050 umgerechnet. Der Entwicklungsfaktor gibt die Veränderung der spezifischen Geschossfläche pro Einwohner bzw. Arbeitsplatz an. Die Geschossfläche pro Einwohner hat sich im Zeitraum von 1960 bis 2000 gut verdoppelt, wobei auf den Zeitraum von 1960 bis 1987 bereits 90 % der Zunahme entfallen. Offensichtlich hat sich die jährliche Wachstumsrate der Geschossfläche pro Einwohner in den 80er und 90er-Jahren verringert, was sowohl auf sinkendem absolutem Wachstum als auch auf einer wachsenden Bezugsgröße beruht (Statistisches Bundesamt (Hrsg.), Statistisches Jahrbuch BRD). Daher geht auch die Wohnungsmarktprognose der Bayerischen Landesbank für den Zeitraum zwischen 2000 und 2030 nurmehr von einer Zunahme um knapp ein Drittel aus (1999, S.21). Für die Geschossfläche pro Arbeitsplatz liegen keine entsprechenden Analysen oder Prognosen gemittelt über alle Branchen vor. Es kann jedoch von einer geringeren Zuwachsrate als beim Wohnen ausgegangen werden (ebd., S.37). Somit wird die Zunahme der spezifischen Geschossfläche pro Einwohner und Arbeitsplatz zwischen 1960 und 2000 auf zwei Drittel (0,4 von 0,6) und zwischen 2000 und 2050 auf knapp ein Drittel (0,3 von 1,0) geschätzt.

Tab. 6 Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte der Siedlungstypen in Analyse und Planung

Die Übertragbarkeit auf den Untersuchungsraum wird in Kap. 5.1.1.1 mittels eines Vergleichs der so analysierten und auf Gemeindeebene aggregierten Einwohner-Arbeitsplatz-Daten mit der amtlichen Statistik nachgewiesen. Für weitere Untersuchungen sollten die typspezifischen Werte jeweils fallweise auf Referenzflächen überprüft und geeicht werden⁷⁴.

74 In Regionen, für die eine solch feste Zuordnung von absoluter Nutzungsdichte und Siedlungstyp mangels Referenzdaten nicht möglich ist oder aufgrund innerregionaler Variation nicht zulässig erscheint, sollten die Siedlungstypen nicht mit absoluten Einwohner-Arbeitsplatz-Zahlen, sondern nurmehr relativ gewichtet werden. Die jeweils verfügbaren statistischen Einwohner-Arbeitsplatz-Daten von Gemeinden oder Ortsteilen werden dann auf die Zellen nach den relativen Gewichten der Siedlungstypen aufgeteilt. So wurden z. B. in der nationalen Erreichbarkeitsanalyse für Österreich die Einwohnerzahlen der Ortsverzeichnisse auf Siedlungskreise mit 300 Metern Radius disaggregiert, indem die Einwohneranteile dieser Siedlungskreise anhand der in der TK50 abgelesenen „Besiedlungsdichte“

4.2.3 Gelegenheiten nach lokaler Urbanität und regionaler Geometrie

Bisher wurden in Kapitel 4.2 Maßstäblichkeit, räumliches Bezugssystem, Datengrundlage und Analyseinstrument der Bestandsanalyse sowie ihre Zusammenführung mit den Urbanitätstypen aus Kap. 2.6 und 3 thematisiert. Aufgrund der Unzulänglichkeit amtlicher Statistik für feinkörnige Verkehrsuntersuchungen wurde hier die Eignung flächendeckend und standardisiert verfügbarer topographischer Karten untersucht und positiv eingeschätzt. Es wurden Siedlungstypen gebildet, die sich zumindest in der Nutzungsdichte als dem für Wahlmöglichkeiten wichtigsten Urbanitätsmerkmal signifikant unterscheiden.

In diesem Kapitel wird nun erörtert, wie sich die Gelegenheitenverteilung der Szenarien mit dem Siedlungstyp-Indikator modellieren lässt. Dabei werden die Gelegenheiten wie üblich in Anlehnung an die sogenannten Daseinsgrundfunktionen unterschieden in Wohnen, Arbeiten, Versorgen, Ausbilden und Freizeit/Erholen (vgl. Partzsch 1970). In jeder dieser Aktivitäten sind Menschen potentielle Kommunikationspartner anderer und damit "Gelegenheit". Auch Wohnen ist eine in diesem Sinne relevante Aktivität, auch die Wohnung ist Gelegenheit (z. B. für Anbieter von Nahversorgung)⁷⁵.

Ein Einwohner und ein Arbeitsplatz werden im Folgenden als je eine Gelegenheit betrachtet. Wohnen und Erwerbsarbeit beschreiben aber nur einen Teil der Zielaktivitäten bzw. Gelegenheiten (ca. 45 % siehe weiter unten in Tabelle 7). Damit das Modell eine umfassendere Bewertung vornehmen kann, müssen weitere Gelegenheiten einbezogen werden. In Kapitel 4.2.1 wurde gefordert, ca. zwei Drittel aller Beziehungen und somit ca. 80% aller Gelegenheiten zu berücksichtigen.

- Der Stellenwert weiterer Gelegenheiten wird relativ zu Einwohner-Arbeitsplätzen als Einwohner-Arbeitsplatz-Äquivalente aus den Feindifferenzierungen der Merkmale Wegezweck und Wegedistanz in der Kontiv 2002 abgeleitet (Kap. 4.2.3.2). Dies bedeutet: Wenn nach der Kontiv 2002 n % der Wege die Wohnung oder den eigenen Arbeitsplatz und m % der Wege z. B. eine Einkaufsgelegenheit als Ziel haben, dann beschreibt n/m die Bedeutung von Einkaufsgelegenheiten im Verhältnis zu Einwohner-Arbeitsplätzen und $EA \times n/m$ ihre Anzahl in Einwohner-Arbeitsplatz-Äquivalenten (EA = absolute Anzahl Einwohner und Arbeitsplätze im Untersuchungsraum).
- Die räumliche Verteilung der so ermittelten Anzahl weiterer Gelegenheiten wird im Modell aus ihren Besonderheiten in Standortwahl und Verteilungsmuster abgeleitet (siehe im nächsten Kapitel).

geschätzt wurden (vgl. Platzer, 2000 und 2001).

75 Der Focus liegt hier auf Beziehungen und Kommunikation (vgl. Kap. 1.2.2), eine Unterscheidung etwa von Nachfragersicht und Anbietersicht wäre deshalb nicht sachgerecht (vgl. Eckelmann 1984).

4.2.3.1 Verteilungsmuster von Einwohner-Arbeitsplatz-Äquivalenten

Im Hinblick auf Standortwahl bzw. Verteilungsmuster werden die nicht über Einwohner und Arbeitsplätze abgebildeten Gelegenheiten unterschieden in

- Nahgelegenheiten,
- Gelegenheitencluster (publikumsintensive Einrichtungen) und
- sonstige Gelegenheiten.

Als **Nah-Gelegenheiten** werden solche Gelegenheiten bezeichnet, die in der hier interessierenden Maßstäblichkeit (siehe Kapitel 4.2.1) als räumlich mit Einwohner-Arbeitsplätzen gleich verteilt betrachtet werden können oder aus anderen Gründen mit der lokalen Urbanität einer Zelle korrelieren. Darunter fallen insbesondere gering spezialisierte Versorgungs- und Freizeitgelegenheiten, die die „Nähe“, im Sinne kurzer Fußwege, zu Einwohnern (und Arbeitsplätzen) bevorzugen (Versorgung des täglichen Bedarfs, Freizeit im Wohnumfeld). Im Modell wird die Menge an Nah-Gelegenheiten einer Verkehrszelle proportional zur Anzahl Einwohner-Arbeitsplätze gehalten. Der Proportionalitätsfaktor bzw. die spezifische Ausstattung mit Nah-Gelegenheiten pro Einwohner (oder Arbeitsplatz⁷⁶) ist nach Szenarien zu differenzieren: Sowohl das Maß lokaler Urbanität als auch die Art regionaler Geometrien beeinflussen die Bedeutung der Nähe in Nachfrage und Angebot:

- Zellen hoher Einwohner-Arbeitsplatzdichte sind überproportional mit Nah-Gelegenheiten ausgestattet. Auf die nachfragebedingten (proportionalen) Ausstattungs-Unterschiede wirken Kopplungsvorteile und angebotsseitige Tragfähigkeitsschwellen verstärkend.
- Nah-Standorte konkurrieren mit Standorten hoher Lagegunst. In Szenarien sternförmiger Nahverkehrsnetze und kompakter Siedlungsgeometrien (Kompakte Stadt, Nivellierung) ist mit größeren Lagegunstunterschieden und somit schwächer ausgestatteten Nah-Standorten zu rechnen als in kleinteiligen und allseitig vernetzten Geometrien (Städtenetz, Differenzierung).

Publikumsintensive Einrichtungen höherer Spezialisierung neigen zu räumlicher Konzentration (**Gelegenheitencluster**) an Standorten hoher Lagegunst. Sie können dort Vorteile an innerer (Kopplungsvorteile) und äußerer Erreichbarkeit realisieren und sich aufgrund hoher Bodenrendite auch gegen andere Nutzungen durchsetzen. Dadurch werden solche Gelegenheitencluster prognostizier- bzw. simulierbar, eine angesichts ihrer großen verkehrlichen Bedeutung (starke Verkehrserzeugung pro Fläche) sehr hilfreiche Eigenschaft⁷⁷. Die regionale Geometrie der Verkehrsnetze und Siedlungsflächen bestimmt die bevorzugten Standorte solcher Gelegenheitencluster.

76 Die Wirkung auf die Tragfähigkeit von Nah-Gelegenheiten wird dabei nicht zwischen Einwohnern und Arbeitsplätzen unterschieden. Dies entspricht zwar nicht der realen Kaufkraftaufteilung zwischen Wohn- und Arbeitsort und bevorteilt somit vor allem monofunktionale Gewerbegebiete, die in semi- und suburbane Siedlungsstrukturen häufiger sind. Es wirkt sich jedoch hypothesenkritisch zugunsten der Szenarien Autoland und Nivellierung aus und ist somit unproblematisch (Hypothesen I und III).

77 Vgl. Lynch 1976, S.151, der die Verteilung dieser Einrichtungen als eines von drei grundlegenden Kriterien für ein Ordnungsschema verwendet, neben Dichte (hier Einwohner-Arbeitsplatzdichte) und Verkehrsinfrastruktur (hier Verkehrsaufwand)

Ihre Verteilung ist daher nach Leitbildern/Szenarien zu differenzieren⁷⁸ (s. bereits Abb. 6 in Kap. 3):

- In Szenarien mit starker ÖV-Nutzung werden die Knotenpunkte der ÖV-Netze bevorzugt und zwar umso mehr, je größer die Erreichbarkeitsvorteile dieser Knoten sind (Anzahl an Linienästen, Siedlungsflächenanteil im Nahbereich etc.).
- Auch im Szenario Nivellierung setzen sich überwiegend die stärkeren Lagegunstspitzen im ÖV gegenüber der diffuseren Lagegunstverteilung des mengenmäßig gleichwertigen MIV durch.
- Im Szenario Autoland (und im suburbanen Teil des Differenzierungsszenarios) sind nurmehr leichte relative Lagevorteile vorzufinden: an Schnellstraßenknoten bzw. an den Rändern größerer Siedlungsbereiche in Schnellstraßennähe.

Die Gelegenheitencluster werden wie folgt simuliert: Der Stellenwert Clusterbildender Gelegenheiten wird in Kapitel 4.2.3.2 aus der Kontiv abgeschätzt und nach Szenarien differenziert. Da der Stellenwert relativ zu dem Stellenwert von Einwohner-Arbeitsplatz-Gelegenheiten angegeben wird, kann in Kapitel 5.1.2.3 aus der absoluten Anzahl der Einwohner-Arbeitsplätze die absolute Anzahl von Cluster-Gelegenheiten im Untersuchungsraum als Einwohner-Arbeitsplatz-Äquivalente abgeleitet werden. Dann wird eine Größeneinheit definiert und je nach Lagegunstgefälle eines Szenarios ganzzahlige Vielfache dieser Größeneinheit auf Standorte großer Lagegunst verteilt:

- wenige große Cluster bei sternförmigen, großflächigen Geometrien und gleichzeitig geringer lokaler Urbanität (schwache Konkurrenz bzw. geringe Kaufkraftabschöpfung der Nah-Versorgungsbereiche),
- viele kleinere Cluster bei netzförmigen, kleinteiligen Geometrien und großer lokaler Urbanität.

Dieses Modell dient lediglich der methodischen Vereinfachung der Szenariosimulation; Es ist kein Planungsmodell. Weder ist die jeweilige Verteilung und Größe solcher Cluster als Planungsvorschlag zu verstehen, noch wird ihre Steuerung (über Mindestgrößen, Ausstattungskataloge, erlaubte Sortimente etc.) hier überhaupt für notwendig gehalten. Sie wird vielmehr als logische Folge freier Standortwahl unter den jeweiligen Bedingungen lokaler Urbanität und regionaler Geometrie aufgefasst. Die szenarische Festlegung der Cluster simuliert lediglich diese Standortwahl und enthält somit ein Willkürmoment, dessen Einfluss auf das Ergebnis jedoch im Rahmen der Sensitivitätsanalyse eingeschätzt und ausgeschlossen werden kann (s. Kap. 5.3.1).

Sonstige Gelegenheiten, die weder den Nah-Gelegenheiten noch den Gelegenheiten-Clustern zugerechnet werden können, werden im Modell **nicht berücksichtigt**. Ihre räumliche Verteilung ist kaum in Abhängigkeit von lokaler Urbanität oder regionaler

78 Die szenariospezifische Festlegung der Verteilung von Gelegenheitenclustern (mit hohem Erreichbarkeitsanspruch) orientiert sich nicht am Bestand. Angesichts ihrer hohen Durchsetzungskraft in der Nutzungskonkurrenz wird statt dessen von im Betrachtungszeitraum vernachlässigbaren Beharrungskräften ausgegangen und ihr Verteilungsmuster in Bestand und Szenarien ausschließlich über die jeweilige verkehrliche Lagegunst simuliert.

Geometrie simulierbar. Ihre Anteile könnten zwar durchaus davon abhängen, aus Gründen der Vergleichbarkeit muss jedoch die Gesamtmenge der betrachteten Gelegenheiten und damit auch der Anteil dieser nicht betrachteten Restgröße in allen Szenarien gleich sein. Die szenariospezifischen Wirkungen von lokaler Urbanität und regionaler Geometrie beschränken sich somit auf Verschiebungen der Anteile von Nah- und Clustergelegenheiten sowie die räumliche Verteilung der Cluster (s. Tabelle 10).

4.2.3.2 Relative Häufigkeiten

Die jüngste „Kontinuierliche Erhebung zum Verkehrsverhalten“, kurz „Kontiv“, ermittelt für das Jahr 2002 die in Tabelle 7 angegebenen Anteile der Aktivitäten am Zielort der Wege und Fahrten (= „Wegezweck“)⁷⁹. Für die Szenarienbewertung 2050 wird ein Zunahme des Anteils Freizeitverkehr sowie eine leichte Zunahme komplexer Wegekette prognostiziert; letzteres schlägt sich in einer Abnahme der Zielaktivität Wohnen nieder. Alle anderen möglichen Trends werden schwächer eingeschätzt als die hier vorgenommenen Rundung auf 5 %.

Aktivität am Zielort (Wegezweck)	KONTIV 2002	Gewichtung Szenarien 2050
Freizeit / Erholen	20	25
Einkauf / Versorgen	20	20
Beruf / Arbeiten	9	10
Schule / Ausbilden	4	5
Sonstiges	7	5
Nach Hause / Wohnen	38	35
	100 %	100 %

Tab. 7 Wege nach Aktivitäten am Zielort

Demnach enden 35 % der Wege zu Hause mit der Zielaktivität Wohnen. Weitere 10 % der Wege enden am Arbeitsplatz mit der Zielaktivität Erwerbsarbeit. Bei gut 3 Wegen bzw. Zielaktivitäten pro Tag, entfallen auf die statistischen "Gelegenheiten" Einwohner und Arbeitsplätze zusammen ca. 1,4 Wege pro Person. Ihre räumliche Verteilung wird über die unabhängige Variable lokale Urbanität bzw. Siedlungstyp bereits abgebildet und muss daher nicht weiter betrachtet werden.

20 % der Zielaktivitäten entfallen auf die Aktivität **Einkaufen / Versorgen**. Laut Kontiv dienen zwei Drittel aller Einkaufs-/Versorgungswege dem „täglichen Bedarf“ (Einordnung durch Befragte) und der Inanspruchnahme von Arzt-, Post- Bank- und sonstigen Dienstleistungen. Noch heute ist die Hälfte dieser Wege oder ein Drittel aller Versorgungswege kürzer als 1 km. Die Festlegungen des Anteils Nahgelegenheiten schwanken daher je nach lokaler Urbanität und regionaler Geometrie zwi-

79 Institut für angewandte Sozialwissenschaft u. a. 2003.

schen einem Viertel und der Hälfte der Versorgungsgelegenheiten (5 bis 10 % aller Wege, s. Tabelle 8). Für die Anteile der Gelegenheitencluster sowie der sonstigen Versorgungsgelegenheiten konnten keine (empirischen) Anhaltspunkte gewonnen werden. Die verbleibenden zwei bis drei Viertel der Versorgungsgelegenheiten (15 bis 10 % aller Gelegenheiten) werden pragmatisch zu ca. gleichen Anteilen auf beide Gruppen aufgeteilt. Der Anteil sonstiger Gelegenheiten muss unter der Maßgabe der Vergleichbarkeit der Szenarien konstant gehalten werden.

	Bestand	Kompakte Stadt	Städtenetz	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
Nah-Gelegenheiten	5	8	10	3	5	10 / 3
Gelegenheitencluster	8	5	3	10	8	3 / 10
sonst. Gelegenheiten	7	7	7	7	7	7
Summe	20	20	20	20	20	20

Tab. 8 Verteilungsmuster der Versorgungsgelegenheiten nach Szenarien

Der Anteil nahorientierter **Freizeitaktivitäten** lässt sich ebenfalls mit Hilfe einer Feinunterscheidung des Wege Zwecks Freizeit (25%) abschätzen:

- Ca. 30% der „Freizeitwege“ bzw. knapp 8 % aller Wege entfallen auf die Zielaktivität Besuch/Treffen von Freunden, Bekannten und Verwandten. In erster Näherung wird angenommen, dass ca. zwei Drittel dieser Aktivitäten und damit ca. 5 % aller Aktivitäten wiederum in Wohnungen stattfinden und somit durch die Einwohnerverteilung repräsentiert sind.
- Gut 20 % der „Freizeitwege“ bzw. 5 % aller Wege entfallen auf Aktivitäten, die vorwiegend im (Wohn-)Umfeld durchgeführt werden: Spaziergang, Hund ausführen, Spielen auf der Straße. Es wird angenommen, dass ihre räumliche Verteilung zu vier Fünfteln ebenfalls mit der Einwohnerverteilung korrespondiert (4% aller Gelegenheiten). Differenzierungen nach Siedlungstyp (Wohnumfeldqualität) sind diesbezüglich nicht eindeutig und werden nicht vorgenommen.
- Weitere 12 % der „Freizeitwege“ bzw. 3 % aller Wege entfallen auf Freizeitaktivitäten deren Gelegenheiten ebenfalls als näherungsweise mit Einwohner-Arbeitsplätzen gleich verteilt betrachtet werden können (in Kontiv: Kirche, Restaurant = 12%, zudem einige Sport-/Hobbyaktivitäten).

Da bei den Freizeitgelegenheiten angebotsseitig schwächere Kopplungsvorteile vermutet werden als bei Versorgungsgelegenheiten, werden die Unterschiede der Szenarien in der Nahausstattung mit Freizeitgelegenheiten mit einer Spanne von 3 % niedriger angesetzt. Auch der an Standorten hoher Verkehrsgunst konzentrierte An-

teil wird mit durchschnittlich einem Fünftel aller Freizeitaktivitäten (4 bis 7 %) niedriger angesetzt. Es verbleibt wiederum ein Drittel der Freizeitgelegenheiten (9 % aller Gelegenheiten), die mit den Kategorien „Nah“ und „Cluster“ nicht abgebildet werden können und konstant gehalten werden müssen.

Die Aktivitäten **Bilden** und **Sonstiges** werden pauschal zu je einem Drittel auf die drei Standorttypen „Nah“, „Cluster“ und „Sonst“ aufgeteilt (je ca. 3%, 3%, 4%).

	Bestand	Kompakte Stadt	Städtenetz	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
Nah-Gelegenheiten	10	11	12	9	10	12 / 9
Gelegenheiten-cluster	6	5	4	7	6	4 / 7
sonst. Gelegenheiten	9	9	9	9	9	9
Summe	25	25	25	25	25	25

Tab. 9 Verteilungsmuster der Freizeitgelegenheiten nach Szenarien

4.2.3.3 Ergebnis der Gelegenheitenmodellierung

Damit ergibt sich eine Aufteilung wie in Abbildung 13 und Tabelle 10. 45 % aller Gelegenheiten entfallen auf Wohnen oder Arbeiten und weitere 35% können als mit Einwohner-Arbeitsplätzen gleich verteilt oder als Cluster an Standorten hoher Verkehrsgunst simuliert werden. Das Modell umfasst somit vier Fünftel aller Zielaktivitäten bzw. Gelegenheiten und zwei Drittel aller Beziehungen.

Aktivitäten					Gelegenheitenverteilung
Wohnen	Arbeiten	Versorgen	Erholen	Andere	
35 %	10 %	3-10 %	9-12 %	3 %	zu 60 – 70 % wie Einwohner und Arbeitsplätze
		10-3 %	7-4 %	3 %	zu 10 – 20 % in Clustern an Standorten hoher Verkehrsgunst
		7 %	9 %	4 %	zu 20 % nach anderen Kriterien
35 %	10 %	20 %	25 %	10 %	= 100 %

Abb. 13 Aktivitätenspezifische Gelegenheitenverteilung

	Bestand	Kompakte Stadt	Städtenetz	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
Einwohner + Arbeitsplätze	45	45	45	45	45	45
Nah-Gelegenheiten	18	22	25	15	18	25 / 15
Gelegenheiten-cluster	17	13	10	20	17	10 / 20
sonst. Gelegenheiten	20	20	20	20	20	20
Summe	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Tab. 10 Gelegenheiten-Aufteilung nach Szenarien

Andere Annahmen als die hier getroffenen werden in der Sensitivitätsanalyse durchgespielt und bleiben dort ohne Auswirkung auf die Ergebnisse (s. Kap. 5.3.1).

Abbildung 14 fasst die hier im Siedlungsmodell berücksichtigten Kausalzusammenhänge graphisch zusammen.

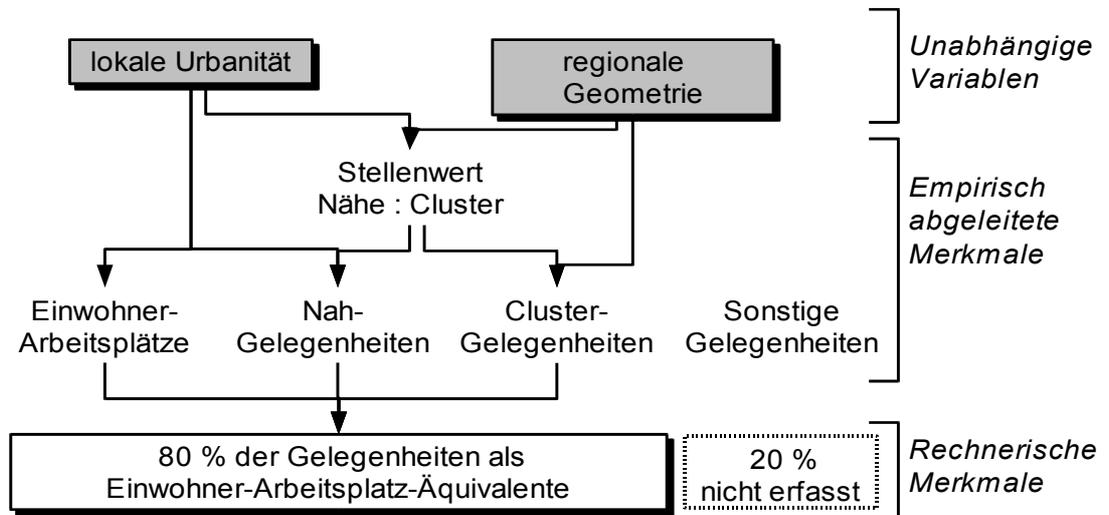


Abb. 14 Siedlungsmodell

4.3 VERKEHRSMODELL: AUFWAND ALS ERREICHBARKEIT

4.3.1 Erreichbarkeit als Funktion des Verkehrsaufwands

In den folgenden Kapiteln wird der verkehrliche Teil der Wahlmöglichkeitenberechnung beschrieben. Das Verkehrsmodell gliedert sich in zwei Teile: a) die Bestimmung des Aufwands für Quelle-Ziel-Beziehungen in den betrachteten Personenverkehrsmitteln und b) die Umrechnung des Verkehrsaufwands in Erreichbarkeit (s. Abb. 7 in Kapitel 4.1). Ist diese bestimmt, wird sie mit den Gelegenheiten in Quelle und Ziel multipliziert, um die Wahlmöglichkeiten einer Quelle-Ziel-Beziehung zu erhalten.

4.3.1.1 Verkehrsaufwand durch Ressourcenentwertung

In Kapitel 1.2 wurden Nutzen und Kosten von Transportsystemen im Sinne räumlicher Wahlmöglichkeiten definiert. Als einziger Nutzenbeitrag gilt das Erreichen von Gelegenheiten zur Ausübung ortsgebundener Aktivitäten, als einziger Kostenbeitrag die Entwertung von knappen materiellen (natürlichen oder technischen) Ressourcen (Zeit, Raum/Fläche, Stoffe, Energie, Gesundheit, Ruhe etc). Um Verkehrsaufwand zu quantifizieren – üblicherweise monetär als Kosten bzw. in Geldeinheiten -, ist die Menge einer Ressource mit dem Wert einer Mengeneinheit zu multiplizieren.

- Die Menge variiert mit der Art der Verkehrsteilnahme, der Wegelänge, dem Siedlungstyp u. a. Die wichtigsten dieser Zusammenhänge sind im Verkehrsmodell abzubilden.
- Der Wert einer Ressource ist ein Ausdruck ihrer Knappheit, weshalb er mit der in Anspruch genommenen Menge steigt (Normalfall steigender „Grenzkosten“).

Der Verkehrsaufwand unterliegt also einem doppelten Mengeneffekt, einmal direkt und zum zweiten über den Wert bzw. die spezifischen Kosten einer Mengeneinheit. Dieser zweite Effekt zunehmender Knappheiten (bzw. Grenzkosten) ist kaum quantifizierbar und wird – wie bemerkenswerter Weise selbst in Untersuchungen zu den „externen Kosten“ des Verkehrs üblich – hier ausgeblendet⁸⁰.

Um den Verkehrsaufwand für einen Wahlmöglichkeiten-Vergleich von Langfristszenarien richtig abzubilden, sind folgende Festlegungen zu treffen:

- a) Internalisierung negativer externer Effekte
- b) Volle Anrechnung der Infrastrukturkosten
- c) Ausblendung der subjektiven Wahrnehmung und Bewertung von Verkehrsaufwand

80 Diese Vereinfachung ist hypothesenneutral. Lediglich das Ausmaß der Unterschiede zwischen den Szenarien wird dadurch um ein unbekanntes Maß abgemildert, da in Szenarien mit insgesamt geringeren Wahlmöglichkeiten auch die Ressourcen-Inanspruchnahme für Verkehr größer und der spezifische Wert einer Mengeneinheit dadurch höher sein dürfte.

d) keine Anrechnung sekundärer oder externer Nutzen

Zu a) Sogenannte **negative externe Effekte**, die in der Realität durch eine unvollständige Zurechnung der Aufwände zu dem sie verursachenden Transportvorgang entstehen, sind in die Modellrechnung aus zwei Gründen so weit wie möglich einzubeziehen:

- Erstens ist der Grad der Kostenzurechnung keine systemtechnische Eigenschaft, sondern eine politische Frage der Marktordnung im Verkehrsbereich. Diese Spielregeln können im Szenariozeitraum bis 2050 erheblich verändert werden; Sie müssen es sogar, wenn Szenarien einer mittleren bis starken Reurbanisierung und Umweltverbund-Orientierung überhaupt realisierbar erscheinen sollen. Nach herrschender Meinung ist dafür unter anderem eine wesentlich stärkere Zurechnung bzw. Internalisierung der Kosten von Ressourcenverbrauch erforderlich als sie derzeit stattfindet.
- Zweitens führen negative externe Effekte dazu, dass die betreffenden Ressourcen alternativen Verwendungen entzogen werden, ohne dass ein Ausgleich bzw. eine Entschädigung erfolgt („Opportunitätskosten“). Eindimensionale Bewertungen wie hier nach Räumlichen Wahlmöglichkeiten laufen fehl, wenn sie solch ein reales „Nullsummenspiel“ durch Nichtbeachtung der Modell-Außenwelt in Vorteile ummünzen.

Zu b) Die Kosten für die **Bereitstellung von Infrastruktur** sind ebenfalls voll anzurechnen. Im Zeithorizont von ca. 50 Jahren sind fast alle heute vorhandenen Infrastrukturelemente abgeschrieben und am Ende ihrer technischen Lebensdauer angeht. Bereits heute verausgabte Kosten („sunk costs“) spielen im Szenariohorizont daher keine entscheidende Rolle, sämtliche Infrastrukturen werden als durch die szenariospezifischen Systementscheidungen voll beeinflussbar behandelt und ihre Kosten als Aufwand in Rechnung gestellt.

Zu c) Der **subjektive Verkehrsaufwand** wird hier nicht berücksichtigt, also weder das Maß der Wahrnehmung der verschiedenen Aufwandsfaktoren noch ihre Bewertung:

- Vom Verursacher als Verkehrsaufwand wahrgenommen werden vor allem sein Zeitbedarf für Wegeorganisation und -durchführung sowie seine psychische und physische Arbeit. Aber bereits hier sind Verzerrungen durch emotionale Reaktionen (s.u.), durch das Geschwindigkeits-Versprechen hochmotorisierter Fahrzeuge u. a. festzustellen. Die Ausgaben für den Zukauf weiterer knapper Ressourcen werden zum Teil als Fixkosten (Fahrzeuganschaffung u. ä.) bereits nicht mehr als Verkehrsaufwand kalkuliert. Und weitgehend irrelevant für die individuelle Fahrtentscheidung ist die unentgeltliche Inanspruchnahme anderer Ressourcen, die allen bzw. niemandem gehören und knapp sind (sog. „Allmende-Güter“)⁸¹.

81 Auch jenseits dieser ökonomischen Betrachtung erschweren weitere Aspekte die Wahrnehmung verkehrsspezifischer Handlungsfolgen: zeitliche, räumliche, sektorale und modale Reichweite (Ozon, Waldsterben, Klima), nicht eindeutige Zurechenbarkeit, Nichtlinearität von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen, Irreversibilität (Entropiegesetz), Abschottung durch Karosserie (Lärm) und Geschwindigkeit (Öffentlichkeit) (vgl. Cerwenka 1988).

- Die emotionalen Reaktionen beruhen in der Regel auf der Erfüllung oder Nichterfüllung von verschiedensten Wünschen bzw. Bedürfnissen, etwa nach Status, Differenzierung und Zugehörigkeit, Macht, Thrill und Sicherheit, Abschottung und 'Sehen und Gesehen Werden', Flucht oder Bewegung etc. In der Summe dieser vielfältigen Bedürfnisse sind langfristig stabile Vorteile eines speziellen Szenarios oder Verkehrsmittels weder erkennbar noch relevant. Diese Untersuchung prägt eine bewusste Beschränkung auf die Eigenschaften der materiellen Raumausstattung.

Zu d) Auch die Frage, ob im Modell nicht zumindest auf der Seite des Verkehrsaufwands ein Abzug für andere Nutzenbeiträge erfolgen sollte, die nicht in die Wahlmöglichkeiten-Berechnung einbezogen werden, wird aus folgenden Gründen verneint:

- **Positive externe Effekte (externer Nutzen)** sind Vorteile für Dritte aus der Erreichbarkeit von Gelegenheiten oder aus der Verkehrsteilnahme, für die keine (vollständige) Gegenleistung stattfindet. Solche Vorteile werden in der Fachliteratur von Einzelmeinungen abgesehen⁸² abgestritten oder als vernachlässigbar eingestuft (z. B. Isenmann 1994). Ob sie in einer Nachfragebetrachtung tatsächlich existieren, muss hier nicht erörtert werden. In einer Wahlmöglichkeiten-Betrachtung kann es per Definition keine positiven externen Effekte aus der Erreichbarkeit von Gelegenheiten geben, da alle potentiellen Beziehungen (von Gelegenheiten) mitgezählt werden, unabhängig davon, ob sie realisiert bzw. genutzt werden oder nicht. Nicht automatisch erfasst wäre dagegen ein möglicher externer Nutzen aus der Verkehrsteilnahme. Nennenswert erscheint hier, zumindest bei geringer Geschwindigkeit, der Beitrag von Verkehrsteilnehmern zu Öffentlichkeit und öffentlicher Sicherheit. Dieser Effekt wird der Ergebnisinterpretation und der allgemeinen Szenariobewertung überlassen.
- Mit dem **Sekundärnutzen** einer Verkehrsteilnahme sind unterschiedliche, nicht-verkehrliche Vorteile für den Nutzer gemeint. Zwar sind in einem durchschnittlich mit 1,3 Personen besetzten Pkw entsprechende Möglichkeiten noch gering, da der Transportvorgang die volle Aufmerksamkeit von drei von vier Nutzern erfordert. Wesentlich gravierender und zudem quantifizierbar erscheint der Zeitannteil in dem sich ÖV-Nutzer auf diverse Nebenberufstätigkeiten konzentrieren können⁸³. Im Fußgänger- und Radverkehr sind diesbezüglich eher gesundheitliche Wirkungen und die Unmittelbarkeit der Raum- und Umweltwahrnehmung – bei entsprechendem Wegeumfeld – relevant. Der daraus zu erzielende (sekundäre) Nutzen würde ohne Verkehrsteilnahme wegfallen oder einen zusätzlichen Aufwand für die entsprechenden Tätigkeiten erfordern. Um dies zu berücksichtigen wäre es angemessen, den betriebenen Aufwand teilweise nicht dem Erreichen einer Gelegenheit sondern jenen Sekundärnutzen zuzurechnen. Davon wurde hier jedoch aus Gründen der Modellvereinfachung Abstand genommen, wahrscheinlich zuungunsten von ÖV und NMIV. Diese Vereinfachung wirkt insofern kritisch

82 Etwa Willeke 1993 oder Baum 1999.

83 Der Zeitannteil Nebenberufstätigkeit in ÖV und Taxi wird in einer Studie der Hochschule für öffentliche Verwaltung Bremen mit ca. 30% beziffert (2000).

bezüglich Hypothese I, als dass die Hauptverkehrsmittel in den Umweltverbundzenarien im Modell aufwändiger als tatsächlich abgebildet werden.

4.3.1.2 Zeitäquivalente des Verkehrsaufwands

Output des Verkehrsmodells ist die „Erreichbarkeit“ als dimensionsloser Faktor für die Gewichtung von Gelegenheiten und Beziehungen. Sie wird per Erreichbarkeitsfunktion (s. in Kapitel 4.3.1.4) aus dem Verkehrsaufwand berechnet. Zu diesem Zweck müssen alle betrachteten Aspekte des Verkehrsaufwands, die originär z. T. in unterschiedlichen Dimensionen⁸⁴ vorliegen, wie folgt addierbar gemacht und in eine einheitliche Dimension gebracht werden⁸⁵:

- a) Alle originär oder nach Umrechnung in zeitlicher Dimension vorliegenden Aufwandsfaktoren werden 1:1 in das Modell übertragen. Dies betrifft nicht nur sämtliche Komponenten der Wegedauer (Unterwegszeit), sondern auch den Zeitbedarf für Information, Fahrzeugwartung u. ä. (Organisations- bzw. Bereitstellungszeit). Es erfolgt **keine differenzierte Gewichtung** unterschiedlicher Zeitaufwände wie sie z. B. von Walther für Nachfragemodelle empfohlen und in der Standardisierten Bewertung inzwischen vorgenommen wird: eine Minute im fahrenden Fahrzeug, eine Minute Wartezeit an Haltestelle und eine Minute Fußweg zum Ziel werden dort in ihrer Wirkung auf das Verkehrsverhalten differenziert⁸⁶. Eine solche Gewichtung ist in Nachfragemodellen sachgerecht, da für das Verhalten immer nur der wahrgenommene bzw. empfundene Verkehrsaufwand maßgeblich ist. Aus der Perspektive von Verhaltenschancen fallen die Ursachen dieser Differenzierungen in die Kategorien Sekundärnutzen und subjektiver Verkehrsaufwand (siehe im vorhergehenden Kapitel) und werden daher nicht berücksichtigt.
- b) Alle monetären oder monetarisierbaren Aufwandskomponenten werden im Modell über ein mittleres Einkommen pro Arbeitsstunde in die **Arbeitszeit** umgerechnet, die zum Erwirtschaften der Kosten notwendig ist⁸⁷. Die Zeitäquivalente der Kosten werden damit abhängig vom Einkommen pro Arbeitsstunde. In dieser Hinsicht sind starke soziale Unterschiede nach Einkommensklasse und Anteil des Arbeitseinkommens am Gesamteinkommen festzustellen, die nur teilweise durch unterschiedliche Ausgaben pro Verkehrsmittel und Personenkilometer kom-

84 Zeit, Fläche, Toxizität, Leistung, Impulskraft, Schalldruck etc.

85 Vgl. etwa Liebich 1996, die aus Zeitaufwand, monetären Kosten, Unfallrisiko, Schadstoff- und Lärmbelastung einen Widerstandsindex bildet.

86 So werden etwa in der Standardisierten Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des ÖPNV Zeiten für An- und Abmarsch- sowie für Umsteigewege progressiv (per Quadratfunktion) und Wartezeiten linear mit 1,3 gewichtet. (Intraplan u. a. 2000, S.29f)

87 Ebenso gerechnet oder angedacht bei Hochschule für öff. Verwaltung Bremen 2000, Walther 1991, Illich 1974, Seifried 1991 und Handy 1997; Bestätigt durch Voskuhl (1996, S.227): "In der Verkehrswissenschaft existiert das gängige Modell der generalisierten Transportkosten (GTK), in der Aufwand für einen Transportvorgang indexiert werden kann. In GTK werden Zeit, finanzieller Aufwand, Distanz und weitere Faktoren wie Sicherheit und Komfort in einer Zahl zusammengefaßt, die durch Umformung entweder in Geld- oder in Zeiteinheiten ausgedrückt werden."

pensiert werden (z. B. durch die Wahl von 1. oder 2. Klasse im ÖV und insbesondere natürlich im MIV durch die Wahl der Pkw-Klasse). Die verbleibenden Unterschiede werden zunächst, da keine sozial differenzierende Fragestellung verfolgt wird, durch Mittelung ausgeblendet. Der mittlere Netto-Stundenverdienst betrug in der BRD um das Jahr 2000 ca. 13 € pro Arbeitsstunde⁸⁸. Aus Arbeit schöpfen die privaten Haushalte in Deutschland durchschnittlich 60% ihres Einkommens⁸⁹. Daraus ergibt sich eine mittlere Arbeitszeit für einen Euro von 0,05 Stunden oder drei Minuten. Somit verursacht ein Kostenaufwand für Verkehr von einem Euro im Modell einen zeitäquivalenten Aufwand von drei Minuten. In der Sensitivitätsanalyse in Kap. 5.3.1 wird darüber hinaus untersucht, wie sich andere Netto-Stundenverdienste auf die Ergebnisse auswirken.

- c) Für knappe Ressourcen, die gar nicht oder auf unvollkommenen Märkten gehandelt werden (etwa weil keine Eigentumsrechte an diesen Ressourcen existieren), müssen zunächst die theoretischen Marktpreise (sogenannte „**Schattenpreise**“) bestimmt werden. Hierzu liegen inzwischen zahllose Studien über die „externen Kosten“, „sozialen Kosten“ o. ä. von Verkehr vor, die den vollständigen Interessenausgleich über Zahlungsbereitschaften, Vermeidungskosten oder Wiederherstellungskosten simulieren. Aufgrund der methodischen Schwierigkeiten und Grenzen solcher Marktsimulationen bleiben dabei stets solche Ressourcen ausgeschlossen, deren Entwertung durch Verkehr nicht bzw. nur unter Inkaufnahme zu großer Unsicherheit monetarisiert werden kann (Artenvielfalt, Klimaschutz etc.). Aus den gleichen Gründen schwanken die Ergebnisse zu den monetarisierbaren Aufwänden zwischen den Studien zwar relativ stark, jedoch weitgehend innerhalb gleicher Größenordnungen. Sie liefern somit ausreichend genaue Anhaltspunkte für eine hypothesenkritische und nach Siedlungstypen differenzierte Verkehrsmodellierung. Im Verkehrsmodell wird die Internalisierung dieser externen „Kosten“ dadurch simuliert, dass sie wie unter b) beschrieben in Zeitäquivalente umgerechnet und den originär zeitlichen Aufwandsfaktoren gleichwertig zur Seite gestellt werden (siehe a).

4.3.1.3 Gesamtaufwand für den „besten“ Weg

Die verschiedenen Aspekte des Verkehrsaufwands beziehen sich

- zum Teil auf Strecken (Fahrzeit, Fahrinfrastruktur⁹⁰, Kraftstoffe etc.),

88 Berechnet aus einem mittleren Nettomonatsverdienst je Erwerbstätigen von ca. 1600€ und einer tatsächlich geleisteten Arbeitszeit je Erwerbstätigen von 120 Stunden pro Monat (Süddeutsche Zeitung vom 5.11.03, S.2).

89 Statistisches Jahrbuch 2000; der Rest entfällt auf Einkommen aus Vermögen und Transferzahlungen

90 Die Kosten der Fahrinfrastruktur werden im Modell vollständig auf Strecken umgelegt. Alternativ könnte man die Infrastrukturkosten – zumindest anteilig – auch auf Wege umlegen, also einen potentiellen Weg vom Start weg mit einem mittleren Infrastrukturkosten-Aufwand pro Weg belasten. Letzteres würde vor allem kurze Wege bzw. langsame Innerortsstrecken stärker belasten und sich damit unerwünscht günstig auf die Hypothesen 2 und 3 auswirken. In den dort schlechter eingeschätzten Szenarien Kompakte Stadt bzw. Nivellierung haben kurze Wege bzw. Innerorts-Beziehungen einen größeren Stellenwert als im jeweils besser eingeschätzten Vergleichsfall Städtenetz bzw. Differenzierung. Das gewählte Verfahren entspricht somit der methodischen Forderung nach hypothesenkritischer Ope-

- zum Teil auf Knoten (Wartezeit, Haltestelleninfrastruktur, Betrieb von Signalanlagen etc.) und
- zum Teil auf die gesamte Verbindung (Stellplatzkosten, Wartezeit infolge schlechtestem Takt einer Verbindung etc.; siehe im Detail in den Kap. 4.3.2-4.3.4).

Streckenbezogener Verkehrsaufwand wird üblicherweise in der Dimension Streckenheit pro Aufwandseinheit und speziell als km/h dargestellt. In dieser Untersuchung steht nach den Ausführungen im vorangegangenen Kapitel und im Unterschied zur normalen Geschwindigkeit nicht nur die Unterwegszeit im Nenner, sondern die Summe aller Zeitäquivalente. Diese Größe wird im folgenden „**Geschwindigkeitsäquivalent**“ genannt.

In das Wahlmöglichkeiten-Modell geht pro Verkehrsmittel jeweils diejenige Verbindung zwischen zwei Zellen ein, deren Summe von Strecken-, Knoten- und Verbindungsaufwand die kleinste aller alternativen Routen ist. Dieser „kürzeste Weg“ wird über einen Algorithmus ermittelt, der alle hier relevanten Aufwandsfaktoren verrechnet. Da die einschlägigen Such-Algorithmen, wie der hier verwendete Dijkstra-Algorithmus⁹¹, nur Streckengewichte kennt

- müssen knotenbezogene Aufwände auf die benachbarten Strecken oder automatisch generierte Zusatzstrecken umgelegt werden,
- müssen verbindungsbezogene Aufwände entweder nachträglich aufaddiert (z. B. Stellplatzkosten im MIV) oder nach Teilnetzen differenziert und diese dann einzeln durchlaufen werden (z. B. taktabhängige Wartezeit im ÖV).

4.3.1.4 Bewertung mittels Erreichbarkeitsfunktion

Die Erreichbarkeit ist hier ein dimensionsloser und auf Ausprägungen zwischen 1 und 0 normierter Faktor mit dem Beziehungen von je zwei Zellen bewertet werden. 1 steht für bestmögliche Erreichbarkeit: Die Beziehungen werden nicht abgewertet, sondern 1:1 als räumliche Wahlmöglichkeit gezählt. 0 steht für nicht mehr erreichbar: Die Beziehungen erfordern einen zu großen Aufwand, um noch als räumliche Wahlmöglichkeiten gezählt werden zu können. Ein solcher aufwandsabhängiger Gewichtungsfaktor ist seit langem Stand der Technik in Modellen der Verkehrsverteilung. Er wird gewonnen aus einer mathematisch formulierbaren Funktion des Verkehrsaufwands (hier: Erreichbarkeitsfunktion). Diese Funktion beschreibt die einer Untersuchung zu Grunde liegenden Annahmen zur Akzeptanz von Verkehrsaufwand. Für Nachfrageprognosen o. ä. werden diese Annahmen in der Regel aus empirischen Abhängigkeiten des Verkehrsaufkommens vom Aufwand abgeleitet. Ein solches

rationalisierung (vgl. Kap. 4.1).

91 Der Dijkstra-Algorithmus ist aufgrund seiner Schnelligkeit, dem geringen Speicherbedarf und guter Variabilität in Verkehrsmodellen am gebräuchlichsten. Er arbeitet sich von einem Startknoten aus Strecke für Strecke durch ein eingegebenes Netz, bis er die Summe der Streckengewichte für die Verbindung zu allen anderen Knoten minimiert hat. Dieser Vorgang muss für alle ausgewählten Startknoten wiederholt werden.

Verfahren ist hier nicht hinreichend aufgrund der unvollständigen Wahrnehmung des Gesamtaufwands (in der Summe aller Zeitäquivalente) durch die Nutzer. Daher stehen hier methodische und theoretische Überlegungen bei der Bestimmung einer geeigneten Erreichbarkeitsfunktion im Vordergrund.

Die wichtigste methodische Anforderung an den Funktionsverlauf ist eine möglichst **geringe Sensitivität** der Ergebnisse. Daher wurde ein stetiger Verlauf mit allmählicher Abnahme der Erreichbarkeit zwischen geringem und hohem Aufwand gewählt⁹². Die Wahl der maximalen Aufwandsbereitschaft (Schnittpunkt der Kurve mit der X-Achse) verliert dann, je nach Funktionsverlauf, erheblich an Bedeutung und kann bei einem zu Null asymptotischem Verlauf, wie er hier verwendet wird (siehe nächste Absätze), ganz entfallen.

Der Funktionsverlauf ist des Weiteren so zu wählen, dass der Szenarienvergleich nicht durch die in Kap. 4.1 vorgenommene **Abgrenzung des Verflechtungsraums** verfälscht wird. Die Aktionsfelder sollten in keinem Verkehrsmittel bzw. Szenario wesentlich über den Rand des Verflechtungsraums hinaus reichen, damit die Wahlmöglichkeiten dieser Szenarien nicht unterschätzt werden. Der Funktionsverlauf muss sicher stellen, dass spätestens am äußeren Rand des Verflechtungsraums die Erreichbarkeiten in MIV bzw. ÖV gegen Null gehen. Diese Anforderung wurde für die gewählte Erreichbarkeitsfunktion überprüft⁹³.

In Anlehnung an Kirsch u.a. (1978) erscheint folgender relativer Funktionsverlauf plausibel: im Bereich geringen Aufwands wird eine zusätzliche Einheit infolge des geringen Gesamtbetrags und im Verhältnis zum Aufwand für den Wege- bzw. Fahrtantritt nur relativ schwach wahrgenommen – die Kurve verläuft hier relativ flach; im Bereich mittleren Aufwands wird der zunehmende Aufwand dagegen normal und deutlich als Widerstand empfunden – die Kurve verläuft hier steiler; für den Bereich hohen Aufwands sind eher spezifische Aktivitäten mit hohen Auswahlansprüchen maßgeblich, die relativ unempfindlich gegenüber einer weiteren Einheit Aufwand sind – die Kurve verläuft hier wieder relativ flach und asymptotisch zur X-Achse. Eine solche „**Glockenkurve**“ (s. Abb. 15 und 16; ihre Name wird verständlich, wenn man sie um die y-Achse als vertikal verlängerten Startpunkt rotieren lässt) ist in der Stadt- bzw. Nahverkehrsforschung eine gebräuchliche Annahme zu dem Zusammen-

92 Diese Form des Gelegenheiten-Indikators (vgl. Kap. 1.2.2) wird bei Koenig 1980 „gewichteter Gelegenheiten-Indikator“ und bei Ruppert u.a. 1978 „Potentialindex“ genannt. Der stetige Funktionsverlauf vermeidet die Überempfindlichkeit des sogenannten einfachen "Gelegenheiten-Indikators" (Koenig 1980). Letzterer unterstellt bis zu einem Aufwandsmaximum eine totale Aufwandsakzeptanz und springt dort von 1 auf 0. Mit jeder geringen Verschiebung des zu wählenden Aufwandsmaximums würde die Erreichbarkeit relativ großer Flächen am äußeren Rand des potentiellen Aktionsraums vollständig kippen, mit kaum abschätzbaren Auswirkungen auf den Szenarienvergleich.

93 Vom engeren Untersuchungsraum sind die Zellen am Rand des Verflechtungsraums nach 13,5 km Luftlinie oder ca. 16 km Fahrstrecke erreicht. Ergänzt man die "suburbane" Beispielfahrt im MIV in Kapitel 4.3.3.3, Tabelle 18, um weitere 5 km Schnellstraße auf insgesamt 16 km Fahrstrecke, dann beträgt der Gesamtaufwand für Fahren und Parken bereits 41 Minuten und die Erreichbarkeit gemäß Abbildung 15 nur noch ca. 0,13. Ergänzt man die ÖV-Beispielfahrt "hohe Qualität" in Kapitel 4.3.4.6, Tabelle 25, um weitere 4 km außerorts und 2 km innerorts auf ebenfalls 16 km Fahrstrecke, dann beträgt der Gesamtaufwand 40 Minuten und die Erreichbarkeit nur noch ca. 0,15. Der Beitrag noch längerer Fahrten zu den räumlichen Wahlmöglichkeiten beider Szenarien ist bei der gewählten Erreichbarkeitsfunktion vernachlässigbar; Eine Verfälschung der Ergebnisse durch die Abgrenzung des Verflechtungsraums findet nicht statt.

hang von „Entfernung“ (oder Aufwand) und Verkehrsnachfrage (oder Erreichbarkeit)⁹⁴. Ihr mathematischer Ausdruck lautet: $y = e^{-b \cdot x^\beta}$. Die Parameter b und β bestimmen ihren absoluten Verlauf und sind jeweils fallspezifisch zu kalibrieren.

Vorher ist jedoch noch zwischen der Aufwandsbereitschaft bei **motorisierter und nichtmotorisierter Verkehrsteilnahme** zu unterscheiden. Empirisch lässt sich eine wesentlich höhere Aufwandsbereitschaft bei motorisierter Verkehrsteilnahme feststellen. Nimmt man als Indikator die mittlere Wegedauer, dann ist die Aufwandsbereitschaft im öffentlichen Verkehr fast doppelt so hoch wie zu Fuß oder mit dem Rad (40 Minuten gegenüber gut 20 Minuten; Kontiv2002). Noch deutlicher wird das Verhältnis, wenn neben der Wegedauer auch alle anderen Aufwandsarten berücksichtigt werden; Dann muss auch die geringe mittlere Wegedauer im MIV von ebenfalls gut 20 Minuten als Indiz für eine wesentlich höhere Aufwandsbereitschaft im MIV als im NMIV interpretiert werden. Die Erreichbarkeitsfunktion für nichtmotorisierte Verkehrsmittel verläuft somit deutlich steiler.

Die Datenpunkte in den Abbildungen 15 und 16 geben die **empirische Verteilung** des Verkehrsaufkommens über die Wegedauer nach der Kontiv 2002 an⁹⁵. Dargestellt als relative Häufigkeit aller längeren Wege als x können diese Werte auch als Erreichbarkeit gelesen werden, da alle längeren Wege immer auch Ziele mit einer Wegedauer von x erreichen könnten. Da die in dieser Untersuchung einzusetzende Erreichbarkeitsfunktionen neben der Wegedauer auch sämtliche anderen zeitlichen und zeitäquivalenten Aufwände einbeziehen muss, verläuft sie im motorisierten Verkehr rechts der empirischen Wegedauerfunktion. Wie weit rechts davon, wird vor allem durch obige methodische und theoretische Überlegungen bestimmt:

- Wenn die Zellen am Rand des gewählten Verflechtungsraums auch im Falle „schnellster“ Verkehrssysteme kaum mehr zu den räumlichen Wahlmöglichkeiten im engeren Untersuchungsraum beitragen sollen (s. oben), dann muss die Erreichbarkeitsfunktion für motorisierte Verkehrsteilnahme wie in Abbildung 15 bei ca. 60 Minuten gegen Null gehen⁹⁶.
- Im Bereich kurzer Wege muss die Erreichbarkeitsfunktion eine zusätzliche Aufwandsbereitschaft für die mit dem Fahrtantritt verbundenen Aufwänden unterstellen, vor allem für die Stellplatzkosten im MIV. Sie orientiert sich daher an der empirischen Wegedauer-Verteilung im ÖPNV.
- Der breitere Sockel der empirischen Wegedauer-Verteilung bei nichtmotorisierter Verkehrsteilnahme beruht mutmaßlich auf einem höheren Anteil von Spazierwegen und -fahrten längerer Dauer und ohne Erreichbarkeitsanspruch. Da solche

94 Vgl. Mäcke 1984, Ruppert 1975, Eckelmann 1984, Handy u. a. 1997 und Ingram 1971.

95 Ermittelt aus in Wegefragebögen anzugebenden Zeitpunkten von Beginn und Ende eines Weges (Institut für angewandte Sozialwissenschaft u.a. 2003).

96 Nach den Ergebnissen des MIV-Modells in Kap. 4.3.3 entsprechen 60 Minuten Zeitäquivalent einer Wegedauer von etwas unter 30 Minuten. Die Kontiv 2002 (Institut für angewandte Sozialwissenschaft u.a. 2003) gibt den Anteil längerer MIV-Fahrten mit ca. 15-20% an; im ÖV-Modell (Kap. 4.3.4) liegt die Wegedauer, die einem Zeitäquivalent von 60 Minuten entspricht, höher, der Fahrtenanteil nach Kontiv jedoch in etwa in gleicher Höhe. Somit könnten ca. 80% der motorisierten Verkehrsteilnahme mit einer Erreichbarkeitsfunktion wie in Abbildung 15 repräsentiert sein.

Wege im Rahmen einer Erreichbarkeits-Untersuchung nicht relevant sind, wird hier im Bereich längerer Wege eine geringere Aufwandsbereitschaft unterstellt, als in den empirischen Werten zum Ausdruck kommt.

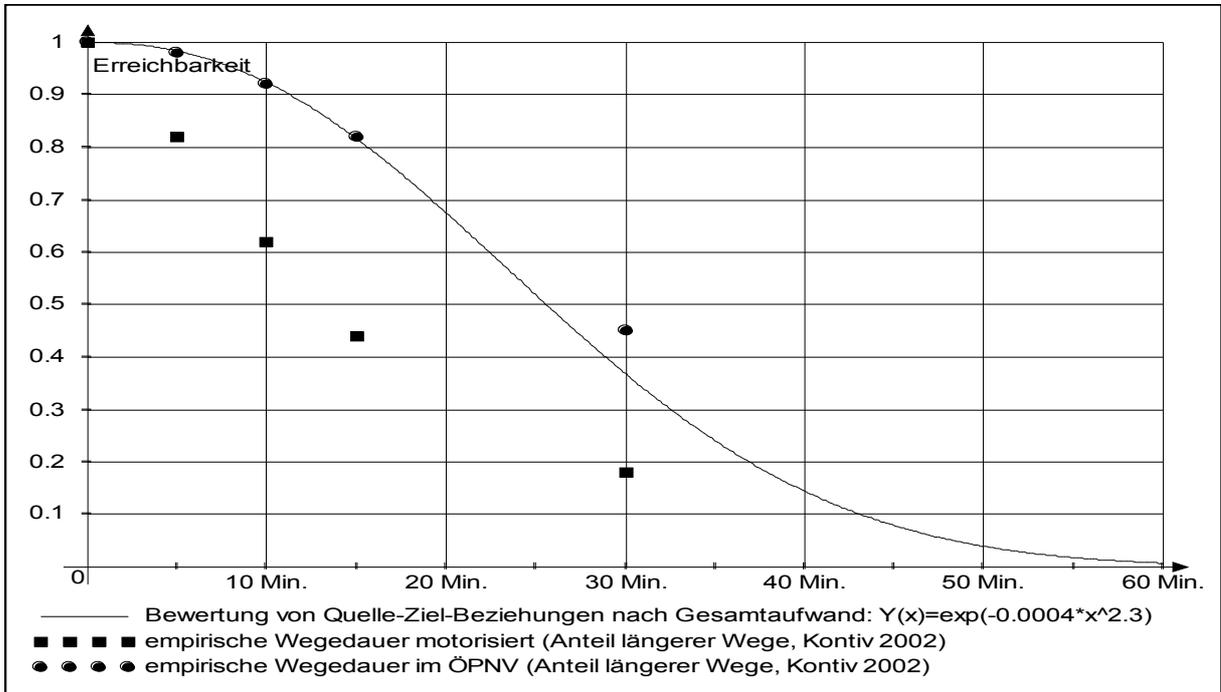


Abb. 15 Erreichbarkeitsfunktion für motorisierte Verkehrsmittel

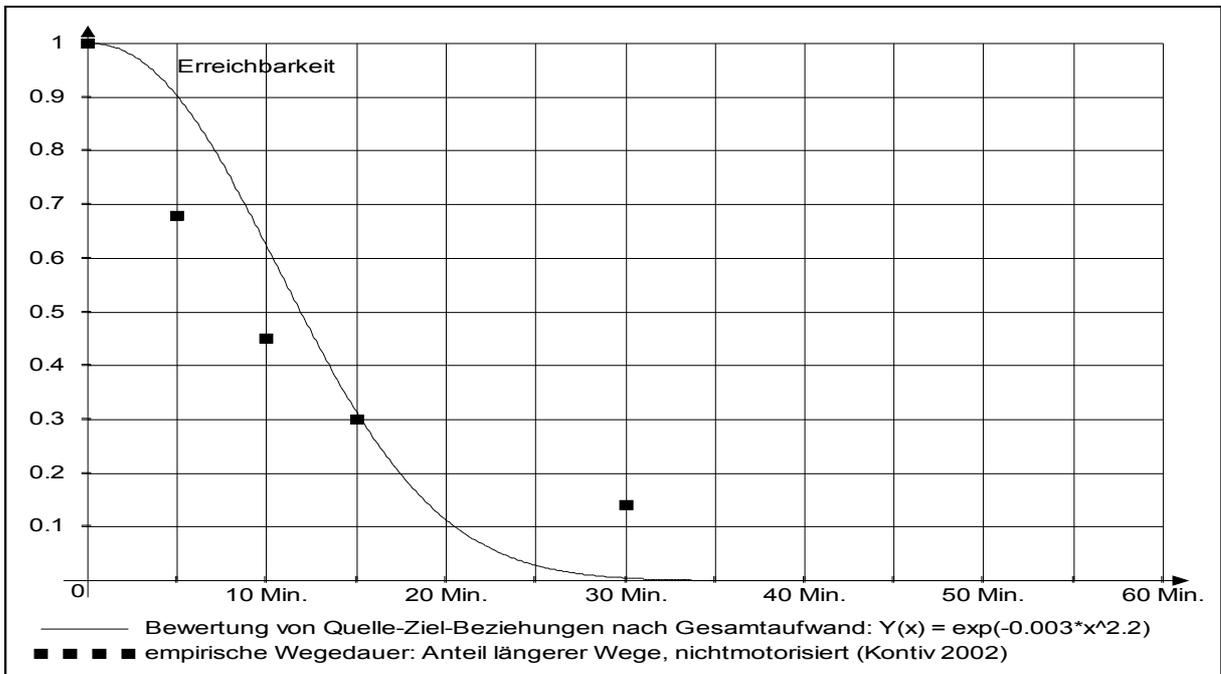


Abb. 16 Erreichbarkeitsfunktion für nichtmotorisierte Verkehrsmittel

4.3.1.5 Modellvereinfachung konstante Auslastung von Infrastrukturen

Das Maß der Inanspruchnahme eines Verkehrsmittels wirkt sich im Verkehrsmodell weder verstärkend auf allgemeine Knappheiten (s. Kapitel 4.3.1.1) noch negativ auf die spezifischen Infrastruktorkosten aus. Vielmehr wird simuliert, dass sich die Infrastrukturausstattung (mit Pkws, Stellplätzen, Straßenkilometer, ÖV-Kurskilometer) vollständig an Veränderungen der Nachfrage anpasst. Diese Modellfestlegung ist logische Folge der oben erläuterten Vereinfachungen

- einer im Zeithorizont vollen Variabilität der Infrastruktur ohne „sunk costs“ sowie
- der Ausklammerung von anderen Determinanten der Infrastrukturausstattung als der Erreichbarkeit von Gelegenheiten (Infrastruktorkosten zum Erzielen von „Sekundärnutzen“ dürfen nicht räumlichen Wahlmöglichkeiten angelastet werden).

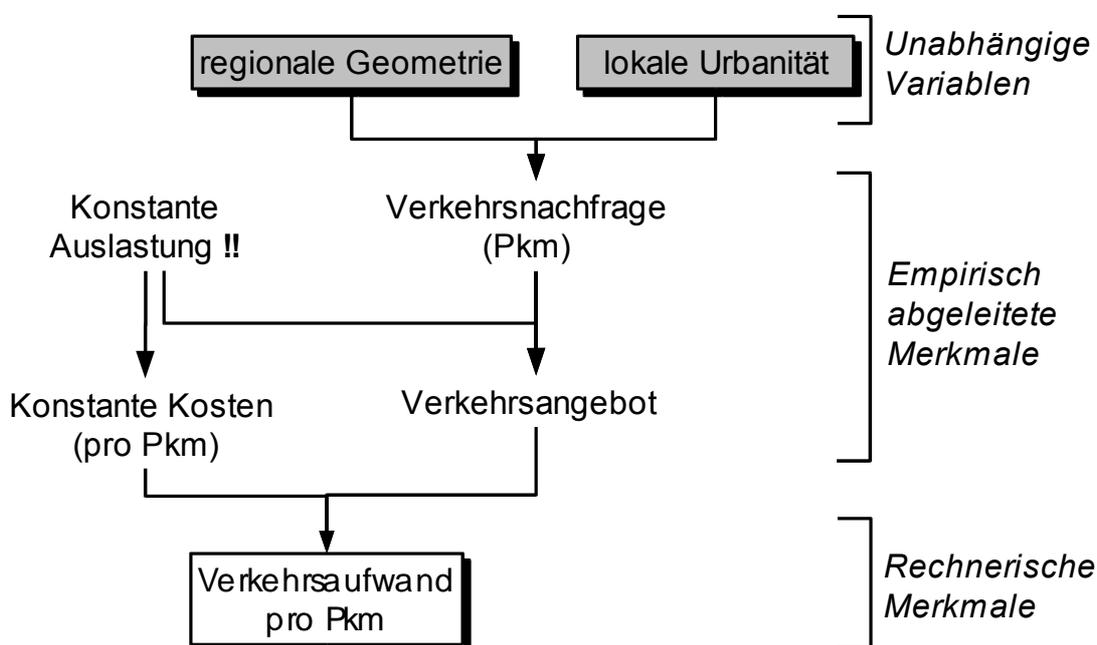


Abb. 17 Konstante Auslastung im Verkehrsmodell

Die unterstellte Infrastrukturanpassung kann und würde sich real nicht nur in der Quantität des Angebots (Kilometer Straße, Stellplatzzahl u. ä.) sondern auch in seiner Qualität (bauliche Standards, Instandhaltungszustand u. ä.) niederschlagen. In welchem Maß in der Realität Quantität oder Qualität betroffen wären, wird im Modell nicht differenziert⁹⁷.

97 Es wird vielmehr davon ausgegangen, dass jede Aufteilung mit in erster Näherung etwa gleichen spezifischen Kosten sowie gleichen mittleren Fahrzeiten und Stellplatz-Zugriffszeiten verbunden ist. Eine höhere Infrastrukturausstattung hätte einerseits höhere spezifische Kosten und andererseits eine größere Netzdichte, geringere Kfz-Verkehrsdichten und damit Wartezeiten, eine geringere Stellplatzauslastung und damit Zugriffszeiten u. ä. zur Folge. Die Annahme, dass sich beide Wirkungsrichtungen in etwa kompensieren entspricht der Annahme linearer Zusammenhänge zwischen Kosten und Quantität bzw. Qualität ohne besondere Sprünge oder Brüche. Auch bei real unvollständigen Infrastrukturanpassungen kompensieren sich die Wirkungen auf die spezifischen Kosten einerseits und die Fahr- und Zugriffszeiten andererseits. Auch dieser Fall kann daher im Modell mit konstanten Werten näherungsweise simuliert werden.

Im ÖV ist das Verhältnis der nachgefragten Personenkilometer zu den angebotenen Platzkilometern entscheidend sowohl für die spezifischen Kosten als auch für die Angebotsqualität eines Szenarios. Eine stärkere ÖV-Orientierung kann sowohl mit volleren Fahrzeugen als auch mit dichteren Takten oder Liniennetzen korrelieren. Trotz gegenläufiger Wirkungen von Kosten und Angebotsqualitäten auf räumliche Wahlmöglichkeiten mag es hier szenariospezifische Kosten-Qualitäts-Optima geben, die sich durch systematisch-iterative Wahlmöglichkeiten-Berechnung auch ermitteln ließen. Darauf wurde jedoch aus Gründen des Arbeitsaufwands verzichtet. Statt dessen wird die ÖV-Auslastung in allen Szenarien auf Bestandsniveau fixiert. Somit müssen auch die spezifischen Kosten nicht nach Szenarien differenziert werden und es fällt leichter, entsprechende Werte aus vorhandenem Datenmaterial abzuleiten. Für die Szenariobildung in Kap. 4.4.3 ist die wesentliche Konsequenz dieser Modellvereinfachung, dass die Unterschiede in der ÖV-Orientierung der Szenarien voll auf die Angebotsqualität bzw. die angebotenen Platzkilometer durchschlagen, dass also eine doppelte Anzahl an Personenkilometern auch zu einer Verdopplung der Platzkilometer führt.

Eine Kurzbeschreibung und Zusammenfassung der wichtigsten Annahmen des hier verwendeten Verkehrsmodells findet sich in Anhang A.

4.3.2 Fußgänger- und Radverkehr

Auf eine mühsame Konstruktion kleinteiliger Fuß- und Radwegenetze am Computer wurde verzichtet. Statt dessen wird der Aufwand einer Beziehung im Fußgänger- und Radverkehr aus dem Produkt von Luftlinienentfernung (der Zellmittelpunkte), Geschwindigkeitsäquivalent und Umwegfaktor berechnet. Binnen-Beziehungen zwischen den Gelegenheiten ein und derselben Zelle (500 x 500 m) werden pauschal mit einer mittleren Luftlinienentfernung von 300m veranschlagt.

Maßgeblicher Faktor für den Verkehrsaufwand im nichtmotorisierten Individualverkehr sind die Tür-zu-Tür-Geschwindigkeiten (Unterwegszeit pro Kilometer). Mittlere Werte liegen bei 4-6 km/h im Gehen und 10-15 km/h im Radfahren (vgl. Hautzinger u.a. 1996 sowie diverse Socialdata-Veröffentlichungen). Mittlere Umwegfaktoren betragen ca. 1,2 (vgl. Haggett und Chorley 1969). Die „Standardisierte Bewertung“ rechnet mit Gehgeschwindigkeit von 4 km/h und Umwegfaktoren von 1,2⁹⁸.

98 Im Vergleich der Szenarien wäre es plausibel, Geschwindigkeit und Umwegfaktor nach Autoorientierung und Siedlungstyp zu differenzieren. Autobedingte Barrieren, Wartezeiten und Umwege können sich erheblich auf Gehgeschwindigkeiten auswirken (vgl. Knoflacher 1991). Auch die größeren Blocklängen in suburbanen Siedlungstypen vergrößern den Umwegfaktor auf kurzen (Fuß-)Wegen. Beide Effekte wurden im Modell nicht berücksichtigt, da sie das Ergebnis des Szenarienvergleichs nur marginal beeinflussen. Sie korrelieren mit wesentlich drastischeren Unterschieden in der Gelegenheitsdichte, die mehr als ausreichen, um die Hypothesen I und III aus Sicht der nichtmotorisierten Verkehrsteilnahme klar zu bestätigen. Ohnehin ausgeblendet sind zahlreiche qualitative Aspekte (s. Kap.2.1.3), die entweder als „subjektiver Aufwand“ (Erlebnisqualität, Sicherheit(-sgefühl), Lärm) ebenfalls einem gleichgerichteten Einfluss von MIV-Orientierung und Siedlungstyp unterliegen, oder als „Sekundärnutzen“ (z. B. Gesundheit) oder „positive externe Effekte“ (z. B. der Beitrag nichtmotorisierter Ver-

Im nicht motorisierten Verkehr werden keine Kosten für die Weeginfrastruktur veranschlagt. Dass dadurch der Radverkehr im Verhältnis zum Fußgängerverkehr leicht begünstigt wird, ist im Vergleich der Szenarien ebenfalls nicht relevant⁹⁹. Wichtiger erscheint es, das Verhältnis von NMIV und MIV einigermaßen richtig wiederzugeben (etwa für den Vergleich der Hauptverkehrsmittel von Kompakter Stadt und Autoland). Überträgt man die Annahmen zu den Fahrwegkosten im MIV (s. Kap. 4.3.4) auf den Radverkehr mit ca. einem Fünftel des spezifischen Flächenanspruchs (vgl. Apel 1992) und einem Bruchteil der spezifischen Fahrwegkosten (Unterbau, Verschleiß, Signalisierung, Beschilderung etc.) ergeben sich vernachlässigbare Werte von unter einem Cent pro Personenkilometer.

Im Radverkehr werden jedoch folgende weitere Aufwandsfaktoren einbezogen, wodurch sich die Geschwindigkeitsäquivalente von 12 auf 10 km/h verringert:

- Fahrzeugkosten: Als repräsentativ für Alltags-Radfahrer wird eine Jahresfahrleistung von 1000 km sowie jährliche Kosten für Anschaffung und Wartung/Reparatur von je 50€ angenommen. Die in das Verkehrsmodell eingehenden spezifischen Fahrzeugkosten betragen demnach 0,1 € pro km und in Zeitäquivalenten 0,01-Stunde oder 36 Sekunden pro km.
- Organisationszeit: Für Wartung und Reparatur werden zudem weitere 10 Stunden jährlicher Eigenleistung angesetzt. Pro Kilometer ergeben sich daraus weitere 0,01h pro km.

Zusammenfassung: In das Modell gehen Geschwindigkeitsäquivalente von 4 km/h im Fußgänger- und 10 km/h im Radverkehr sowie ein Umwegfaktor vom 1,2 ein. Diese Werte werden nicht nach Szenarien oder Siedlungstypen differenziert. Diese Abstraktionen wirken hypotesenkritisch im Hinblick auf die Hypothesen I und III in denen vorwiegend urbane mit vorwiegend semi- oder suburbanen Siedlungsstrukturen verglichen werden.

kehrsteilnahme zu Öffentlichkeit und öffentlicher Sicherheit) nur in der allgemeinen planerischen Bewertung der Verkehrsmittel und Szenarien eine Rolle spielen, nicht jedoch hier (siehe Kap. 4.3.1.1).

99 Zum einen beansprucht ein Fußgänger mit ca. drei Quadratmetern nur ein Drittel bis ein Fünftel der Fläche eines Radfahrers (vgl. Apel 1992). Zum anderen ist der klassische Bürgersteig urbaner Siedlungstypen eine multifunktionale Fläche, die – von Ausnahmen hoher Fußgängerdichte (in Fußgängerzonen o.ä.) abgesehen – diverse Nutzungsansprüche wie Abstand, Erschließung, Aufenthalt, Kinderspiel, Gebäuderepräsentation, Reservefläche und von zahlreichen bebauungsbezogenen Aktivitäten erfüllt. Eindeutigere Zuordnungen von Flächen und baulichen Anlagen und damit Kosten zum Fußgängerverkehr sind erst mit abnehmender Urbanität in semi- und vor allem suburbanen Siedlungstypen vorzufinden, wenn die Nutzungsüberlagerung schwindet und Spezialflächen dominieren.

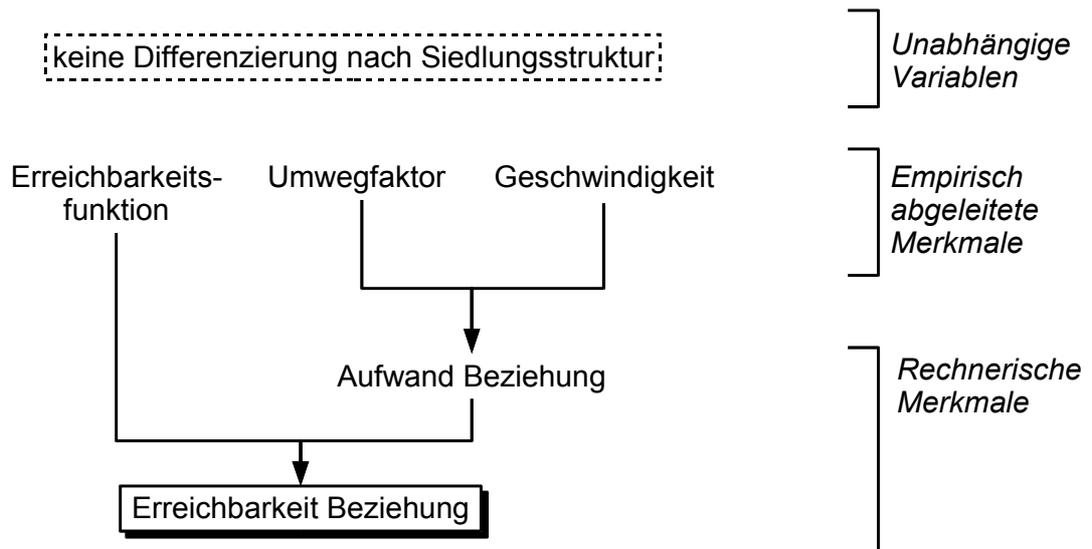


Abb. 18 Erreichbarkeitsmodell im Fußgänger- und Radverkehr

4.3.3 Motorisierter Individualverkehr

Der Verkehrsaufwand im MIV setzt sich zusammen aus Fahren und Parken (s. auch die graphische Übersicht in Abb. 20 am Ende dieses Kapitels).

Das Modell unterstellt die in Kap. 2.3.1 kurz beschriebenen Merkmale eines technisch und organisatorisch optimierten MIV-Systems:

- Konkurrenzfreies Fahren
- Städtebaulich bzw. landschaftlich integrierter Straßenbau
- Minimierung von ineffizienten Warteschlangen bei Fahren und Parken durch Verteilung nach Zahlungsbereitschaften

4.3.3.1 Fahren: Fahrgeschwindigkeit, Systemkosten und Organisationszeit

Komponenten des Aufwands für das Fahren sind

- a) die Fahrdauer von Stellplatz zu Stellplatz (ohne Stellplatzsuche),
- b) die Gesamtkosten für Fahrweg, Fahrzeug, Unfälle, Stau und Emissionen und
- c) der Zeitaufwand der Nutzer für Tätigkeiten, die zur Verfügbarkeit eines Privat-Kfz notwendig sind: Fahrzeuganschaffung, Tanken, Reinigung, Wartung, Werkstattfahrten etc. („Organisationszeit“).

Der Fahr-Aufwand wird vollständig auf Strecken (bzw. Kilometer) umgelegt. Der spezifische Fahr-Aufwand ist somit ein zeitäquivalenter Wert pro Person und zurückgelegtem Kilometer (Kehrwert des Geschwindigkeitsäquivalents). Sowohl die spezi-

fische Fahrtdauer (bzw. Fahrgeschwindigkeit) als auch die spezifischen Kosten sind nach Streckenkategorie und Siedlungstyp zu differenzieren:

- nach der Streckenkategorie, weil Dauer bzw. Kosten mit dem Vorrang einer Straße im Netz, nach ihrer Erschließungsfunktion und der Entwurfsgeschwindigkeit in Knotenwahl, Trassierung und Querschnitt korrelieren;
- nach dem Siedlungstyp, weil von ihm der Knotenabstand und infolge von Nutzungskonkurrenzen um Straßenflächen und Grünzeiten insbesondere die erzielbare Fahrgeschwindigkeit abhängen.

Im **Netzmodell** des Untersuchungsraums werden nahezu alle Bundes-, Landes- und Kreisstraßen sowie Gemeindestraßen mit Hauptsammel- und Hauptverkehrsfunktion abgebildet¹⁰⁰. Diese werden als „Hauptstraße“ oder, sofern sie große Kurvenradien und weitgehend höhenfreie Knoten aufweisen, abschnittsweise als „Schnellstraße“ klassifiziert. „Nebenstraßen“ verbinden die Zellmittelpunkte mit dem jeweils nächstliegenden Hauptstraßenknoten. Sie werden automatisiert als Luftlinie erzeugt und zusätzlich mit einem pauschalen Umwegfaktor von 1,2 gewichtet.

zu a) Fahrtdauer bzw. Fahrgeschwindigkeit (Unterwegszeit pro Kilometer)

Die Fahrtdauer (Unterwegszeit) wird im MIV-Modell von Länge und Fahrgeschwindigkeit der benutzten Strecken bestimmt. Die Streckenlängen sind mit dem Netzmodell festgelegt. Die Fahrgeschwindigkeit lässt sich im MIV nicht mehr so leicht wie im Fußgänger- und Radverkehr aus empirischen Werten ableiten. Grund ist die hier notwendige Differenzierung der Geschwindigkeit von Teilstrecken nach Streckenkategorie und Siedlungstyp. Die verfügbaren empirischen Daten nivellieren diese Unterschiede, am stärksten die aus der Kontiv oder ähnlichen Befragungen bekannten Tür-zu-Tür-Geschwindigkeiten von knapp 30 km/h in Ballungsgebieten (Brög u. a. 1993) oder etwa 37 km/h über alle Wege (Hautzinger u.a. 1996). Dem Verfasser ist keine empirische Untersuchung bekannt aus der hier verwertbare **Innerorts-Geschwindigkeiten** ableitbar gewesen wären. Zudem ist in den Szenarien in Abweichung von der Empirie ein optimiertes MIV-System mit durch Roadpricing stark reduzierten Staubereitschaften und -erscheinungen zu unterstellen (siehe Kap. 2.1.3). Die erforderlichen Modellinputs werden deshalb mit Hilfe einer einfachen Simulation idealtypischer Innerorts-Fahrspiele in optimierten Verkehrssystemen gewonnen¹⁰¹ (s. Tab. 11). Nach Kategorie und Siedlungstyp werden Knotenabstand, Wartezeit am Knoten und erzielte Höchstgeschwindigkeit variiert.

100 Das Bestandsnetz bildet die Grundlage aller Szenarien. Zur methodischen Vereinfachung wird es in Abweichung von den in Kapitel 4.3.1.5 erläuterten Grundsätzen auch in Szenarien mit geringerer MIV-Benutzung als heute nicht ausgedünnt. Eine Anpassung erfolgt nur in der Kategorie Schnellstraßen und nur nach oben in den Szenarien mit (teilräumlich) starker MIV-Benutzung (s. Kapitel 4.4.3).

101 Zur Simulation des Fahrtablaufs im Allgemeinen vgl. Schwanhäußer/Bialonski 1990.

Kategorie	Siedlungstyp	Knoten- abstand ¹⁾ (m)	Wartezeit am Knoten (s) ²⁾	Höchstge- schwindigkeit	Fahrgeschwin- digkeit (km/h)
Nebenstraßen	urban	100	0 ³⁾	25 ⁴⁾	17
	semiurban	150	0 ³⁾	30 ⁴⁾	20
	suburban	200	0 ³⁾	35 ⁴⁾	25
Hauptstraßen	urban	500	20	45	25
	semiurban	700	20	50	30
	suburban	1000	20	55	35

- 1) Knoten mit gleichberechtigtem oder vorberechtigtem Querverkehr (auf Hauptstraßen meist LSA, auf Nebenstraßen meist rechts vor links)
- 2) Zusätzliche Verlustzeit am Knoten durch Verzögerung und Beschleunigung von 1,0 m/qs; entspricht drehzahlbegrenzten Pkws sowie Lkws oder ÖV-Fahrzeugen im Fahrzeugpulk.
- 3) Entspricht rechts vor links
- 4) Variiert Tempo-30-Anteil und Ausmaß von Störungen des Fahtablaufs

Tab. 11 MIV-Fahrsimulation innerorts

Für **Außerorts- und Schnellstraßen** wurden die von Gather 2002 ebenfalls für ein Erreichbarkeitsmodell (von Thüringen) auf der Grundlage von FGSV-Richtwerten und eigenen Messfahrten hergeleiteten Fahrgeschwindigkeiten zu Grunde gelegt:

- Der dort für alle Nicht-Bundesstraßen angegebene Wert von 50 km/h wurde den Außerorts-Nebenstraßen dieser Untersuchung zugeordnet. Letztere sind zwar niedriger klassifiziert (überwiegend Gemeinde- bzw. Erschließungsstraßen), hatten aber im bundesdeutschen Mittel möglicherweise etwas höhere klassengleiche Standards infolge der zum Zeitpunkt der Erhebung etwas älteren Straßenbausubstanz in Thüringen.
- Die Hauptstraßen dieser Untersuchung sind eine Mischung verschiedener Klassifikationen und Standards, jedoch ohne als Schnellstraße ausgebaute Bundes- und Landesstraßen. Sie sind zwischen den von Gather verwendeten Kategorien „Sons-tigen Straßen“ (50 km/h) und „Bundesstraßen“ (60 km/h) einzuordnen und werden daher auf 55 km/h gesetzt.
- Die Schnellstraßen dieser Untersuchung liegen eher unter dem Autobahn-Stan-dard. Es wurde ein für den Regionalverkehr in Trassierung und Anschlussabstand im Grunde günstigerer Standard angenommen, dessen zentrale Eigenschaften Richtungstrennung, höhenfreie Knoten und eine Entwurfsgeschwindigkeiten von maximal 100-120 km/h sind. Als Fahrgeschwindigkeit wird das Mittel aus den Angaben bei Gather zu Bundesstraßen (60 km/h) und Autobahnen (100 km/h) ge-wählt, also 80 km/h. Innerorts kommen Schnellstraßen in den hier untersuchten Szenarien nur im suburbanen Siedlungstyp vor¹⁰². Eine Geschwindigkeitsbe-

102 Auf urbanen oder semiurbanen Siedlungsflächen wären anbaufreie Schnellstraßen stark störend bzw. im Modell aufgrund Störwirkungen und Bodenpreisen sehr teuer. Sie werden daher unterbrochen und als normale Innerorts-Hauptstraße weitergeführt.

grenzung auf 60-80 km/h senkt in diesen Fällen die mittlere Fahrgeschwindigkeit im Modell auf ca. 60 km/h.

Aus den bisherigen Überlegungen folgen als Teilkomponente des Fahr-Aufwands im MIV mittlere Fahrgeschwindigkeiten wie sie Tabelle 12 angibt.

	urban	semiurban	suburban	außerorts
Nebenstraßen	17	20	25	50
Hauptstraßen	25	30	35	55
Schnellstraßen	/	/	60	80

Tab. 12 MIV-Fahrgeschwindigkeiten nach Kategorie und Siedlungstyp

b) Systemkosten pro Personenkilometer

Die Systemkosten im MIV setzen sich zusammen aus

- Fahrzeugkosten,
- Fahrwegkosten,
- Unfallkosten,
- Störwirkungen Umfeld (Lärm, Schadstoffe),
- Störwirkungen Verkehr (Stau und Barrierewirkung) und
- Verbrauch global knapper Ressourcen.

Die **Fahrzeugkosten** setzen sich zusammen aus Anschaffung (Abschreibung und Verzinsung) und Betrieb (Kraftstoffe und sonstige Betriebsmittel, Reinigung, Wartung und Reparatur). Steuern (Kfz-/ Mineralölsteuer) und (Haftpflicht-)Versicherungen sind dagegen keine systemeigenen Fahrzeugkosten und werden hier ausgeklammert. Infrastruktur- und Unfallkosten werden weiter unten gesondert betrachtet und unabhängig von ihrer Finanzierung bzw. Deckung durch Steuern bzw. Versicherungen einbezogen.

Die Fahrzeugkosten werden in Anlehnung an die Standardisierte Bewertung¹⁰³ bestimmt. Dort werden innerorts 25 und außerorts 23 Cent pro Fahrzeugkilometer ausgewiesen; dies entspricht pro Personenkilometer ca. 19 bzw. 18 Cent. Um diese Angaben an die obige Definition anzupassen, muss die in der Standardisierten Bewertung nicht angesetzte zweite Hälfte der Anschaffungs-, Wagenpflege- und TÜV-Kosten addiert (ca. 4 Cent/Pkm) und müssen die dort angesetzten halben Kosten für Versicherung (ca. 1 Cent/Pkm) und Stellplatz (ca. 1,5 Cent/Pkm) abgezogen werden; die hier anzusetzenden Kosten erhöhen sich dadurch gegenüber der Standardisierten Bewertung um 1 bis 2 Cent/Pkm. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass Kraftstoffverbrauch und Verschleiss hier nicht nur in innerorts und außerorts sondern noch feiner nach Siedlungstypen zu differenzieren sind. Aufgrund der insgesamt eher geringen Varianz wurde auf eine zusätzliche Differenzierung nach Streckenkategori-

103 Verkehrswissenschaftliches Institut an der Universität Stuttgart 2000.

en verzichtet. Dies führt zu folgender Setzung der MIV-Fahrzeugkosten im Verkehrsmodell: urban 22, semiurban 21, suburban 20, außerorts 19 Cent/Pkm.

Die **Fahrwegkosten** setzen sich zusammen aus

- Bau (Abschreibung und Verzinsung),
- Boden (Verzinsung) und
- Betrieb (Unterhaltung, Steuerung, Verwaltung und Überwachung).

Das DIW kommt in seiner Wegekostenstudie im Auftrag des ADAC und des „Bundesverbands Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung“ auf mittlere Fahrwegkosten im Pkw-Verkehr von 2 Cent/Pkm¹⁰⁴. Dabei wurde ein kalkulatorischer **Zinssatz** von 2,5 % verwendet, abgeleitet aus dem langjährigen Mittel der Renditen für Anleihen der öffentlichen Hand und vermindert um die mittlere jährliche Preissteigerungsrate (Realzins). Dieser Ansatz orientiert sich an einer spezifischen und besonders billigen Form der Refinanzierung des Bundes, die in einer Bewertung von Verkehrs- und Siedlungssystemen nicht verallgemeinert und perpetuiert werden darf. Denn bereits der steuerfinanzierte Anteil der Staatseinnahmen ruft bei den Steuerzahlern entgangene Kapitalgewinne oder Kreditzinsen zu wesentlich höheren marktüblichen Sätzen hervor. Aber auch eine kalkulatorische Steuerfinanzierung basiert auf einer obsoleten Auffassung von neuen Straßen als staatlicher Daseinsvorsorge. Als gemeinwirtschaftliche aber nicht zwingend hoheitliche Aufgabe erscheint es sachgerechter, eine Infrastrukturgesellschaft zu simulieren, die sich auf dem Kapitalmarkt refinanzieren muss¹⁰⁵. Ihr Zinssatz läge mit mittleren acht bis neun Prozent bei mindestens dem Dreifachen der DIW-Studie. Wird dieser Zinssatz in Ansatz gebracht, dann erhöhen sich a) der Anteil der Zinskosten an den Fahrwegkosten von ca. 38% in der DIW-Studie¹⁰⁶ auf ca. zwei Drittel und b) die Fahrweg-Gesamtkosten pro Personenkilometer auf ca. 3,5 Cent.

Der Ansatz der **Bodenwerte** erfordert eine weitere Korrektur der DIW-Studie. Dort wurde für Straßengrundstücke im Außerortsbereich der durchschnittliche Marktwert der jeweils angrenzenden unbebauten Grundstücke jedoch im Innerortsbereich nur der Durchschnittswert der Grundstücke in den Randgebieten der jeweiligen Gemeinden zugrunde gelegt (S.13). Somit wurden in der DIW-Studie die Bodenwerte innerorts auf einem zu geringen weil quasi suburbanen Niveau nivelliert. In urbanen und semiurbanen Bereichen liegen die Opportunitätskosten der Flächeninanspruchnahme durch motorisierten Verkehr weit darüber. Hier wird angenommen, dass sie auch dort dem Wert angrenzenden Baulands entsprechen, dass also jeder Quadratme-

104 Die Grenzkosten der Straßenbenutzung wurden in der DIW-Studie nach zwei unterschiedlichen Verfahren auf die verschiedenen Fahrzeugklassen aufgeteilt (insbesondere Pkw und Lkw in verschiedenen Gewichtsklassen), deren Mittelwert hier wiedergegeben ist (Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, 2000). Zum einen ein „Pkw-freundliches“ Verfahren nach den Ergebnissen des AASHO-Road-Test, die stark vereinfacht besagen, dass die Schädigungswirkung eines Fahrzeugs in Bezug auf die Fahrbahnkonstruktion etwa mit der 4. Potenz der Achslast wächst (ausführlicher zu diesem Verfahren bei Wirth 2002, S.414). Zum anderen wurden die Grenzkosten eher „Lkw-freundlich“ analog zu den Kapazitätskosten auf die Fahrzeugklassen aufgeteilt. Die Pkw-bezogenen Gesamtwegekosten werden in der DIW-Studie im zweiten Fall um gut 17% höher angegeben als im ersten Fall. Ein solcher Unterschied kann hier als vernachlässigbar angesehen werden.

105 Ein solcher Ansatz spiegelt auch die Grundtendenzen der jüngeren Diskussion und Entwicklung der Verkehrsinfrastrukturfinanzierung in Deutschland und Europa wieder. (vgl. z. B. Kommission Verkehrsinfrastrukturfinanzierung 2000).

106 Der Anteil der Abschreibungskosten beträgt in der DIW-Studie ca. 32% und der Anteil laufender Kosten ca. 30% (berechnet aus den Angaben in Tab. 8 auf S.48).

ter Verkehrsfläche eine zum Wert des Baulands äquivalente Verdichtung oder Freiraumaufwertung verhindert. Eine Vertiefung der Frage, ob, wie und unter welchen Bedingungen Baulandwerte tatsächlich als Indikator für Opportunitätskosten von MIV-Flächen gültig sind, kann und muss hier aufgrund der begrenzten Bedeutung des Bodenwerts als ein Teilaufwand im MIV nicht erfolgen. Aus gleichem Grund muss auch die Herleitung siedlungstyp-spezifischer Baulandwerte vorläufig bzw. oberflächlich bleiben¹⁰⁷. Als vorsichtiger Ansatz, der die Bedeutung der Bodenwerte weder stark unter- noch überschätzt, werden die Bodenwerte hier proportional zur Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte der Siedlungstypen variiert und mit 50 €/qm in sub-urbanen Bereichen (und 2 €/qm außerorts) relativ niedrig angesetzt (s. Tabelle 13).

Neben den Bodenwerten sind auch die **Bau- und Betriebskosten** von Fahrwegen nach Siedlungstypen zu differenzieren. Die mit der lokalen Urbanität zunehmenden Nutzungskonflikte wirken sich auf verschiedene kostenrelevante Eigenschaften von Verkehrsanlagen aus, etwa auf ihre gestalterische Einbindung, auf ihre technische Ausstattung (z. B. Ampeln, Entwässerung) und auf die Steuerung und Überwachung des Verkehrsablaufs.

In Tabelle 13 werden die geschätzten jährlichen Kosten pro Quadratmeter Fahrweg („Summe Jahr“) zueinander ins Verhältnis gesetzt und auf den Mittelwert von suburban und außerorts normiert. Die Kosten pro Personenkilometer für suburbane und Außerortsstraßen werden den zinsbereinigten Ergebnisse der DIW-Studie gemäß (siehe oben) mit mittleren 3,5 Cent pro Personenkilometer veranschlagt. Wird dieser Wert mit den normierten Quadratmeterkosten multipliziert, ergeben sich auch für urbane und semiurbane Bereiche spezifische Kosten pro Personenkilometer. Eine letzte Korrektur berücksichtigt siedlungsstrukturelle Unterschiede in der Auslastung der Fahrbahnen und im Anteil MIV-fremder Fahrbahnnutzung (ÖV, Radverkehr, Lieferverkehr etc.). In welchem Maß beide Effekte mit der lokalen Urbanität zunehmen und die Kosten pro Pkm absenken, lässt sich hier wiederum nur schätzen. Es werden für urbane und semiurbane Bereiche pauschale Abzüge von gut 2 Cent und für suburbane Bereiche von 0,5 Cent vorgenommen (siehe Zeile „korrigiert“ in Tabelle 13).

107 Die Bodenrichtwertkarten bieten zu wenig Anhaltspunkte für eine nach Siedlungstypen differenzierte Kostenanrechnung. Die heutigen Varianzen der Bodenrichtwerte sind zwar erheblich und korrelieren sehr signifikant mit Dichte, Mischung und Öffentlichkeit, jedoch vor allem aufgrund der Konzentration publikumsintensiver Einrichtungen in den urbanen (Alt-)Stadtkernen. Dieses Merkmal kann empirisch nicht isoliert werden. Auch andere störende Einflüsse wie Topographie, Sozialstruktur, Stadtrandlage, Gebäudebestand etc. und die allgemeine Schwächung der (Wohn-)Standortqualitäten urbaner Bereiche durch nivellierte Verkehrsangebote und Kfz-dominierte Freiräume erschweren es, aus heutigen Bodenrichtwerten siedlungstyp-spezifische Bodenwerte für die Szenarien 2050 abzuleiten. (Im Untersuchungsraum reichte im Jahr 2001 die Spanne der Bodenrichtwerte im bebauten Bereich von weit über 1000 €/qm in den „zentralen Lagen“ der größeren Städte über 250 in besseren und 100 in schlechteren Wohnlagen am Stadtrand bis ca. 50 in kleinen abgelegenen Ortsteilen. Außerorts liegen die Preise für land- und forstwirtschaftliche Flächen bei ca. 1-2 €/qm. Quelle: www.boris.nrw.de)

	urban	semiurban	suburban	außerorts
Bau (10% von..) ¹⁾	200 €/qm	150 €/qm	100 €/qm	100 €/qm
Boden (8% von..) ²⁾	200 €/qm	100 €/qm	50 €/qm	2 €/qm
Betrieb (Jahr) ³⁾	8 €/qm	6 €/qm	4 €/qm	4 €/qm
Summe Jahr	44 €/qm	29 €/qm	15 €/qm	
normiert ⁴⁾	3	2	1 ⁴⁾	
pro Pkm	10,5 Cent	7 Cent	3,5 Cent⁵⁾	3,5 Cent⁵⁾
korrigiert	8 Cent	5 Cent	3 Cent	3 Cent

- 1) Geschätzte Investitionskosten; jährliche Kapitalkosten für Zins und Abschreibung bei 10%.
- 2) Geschätzte Bodenwerte: Werte für suburban und außerorts siehe Text, Werte für urban und semiurban anhand der Dichteleration (in Tab.6, Kap. 4.2.2) aus suburbanem Wert abgeleitet.
- 3) Betriebskosten in suburban und außerorts mit 30% der Gesamtkosten angenommen (Anteil entspricht dem in der DIW-Studie für „Straßen insgesamt“ ermittelten Anteil laufender Kosten); in urban und semiurban proportional zu Baukosten gesteigert (Schätzung).
- 4) Suburban bzw. außerorts = 1!
- 5) Aus DIW-Studie mit korrigiertem Zinssatz (s. Text).

Tab. 13 Schätzung siedlungsstrukturell differenzierter Fahrwegkosten

Die Bau-/Betriebskosten werden hier nicht nach der Straßenkategorie differenziert. Die bei den Schnellstraßen höheren Kosten pro Streckenkilometer werden nach den Zahlen des DIW durch die infolge der Bündelungswirkung höhere Belastung der Schnellstraßen mindestens kompensiert.

Unter **Unfallkosten** werden hier sämtliche durch Unfälle verursachte Kosten subsumiert, einschließlich der über die Kfz-Versicherung gedeckten Schäden an Fahrzeugen sowie durch Behandlungskosten, Leid, Ausfallzeiten und Tod. Die standardisierte Bewertung verwendet Gesamtunfallkosten im MIV von 8 Cent/Pkm innerorts und 3 Cent/Pkm außerorts¹⁰⁸. Die Reduktionspotentiale optimierter Kfz-Technik, Straßenbaustandards und Verkehrsordnung (vgl. Kap. 2.3.1) werden kostenmäßig wiederum pauschal mit ca. 30 % veranschlagt. In das Modell finden daher folgende spezifischen MIV-Unfallkosten Eingang: 8 Cent/Pkm urban, 5 Cent/Pkm semiurban, 3 Cent/Pkm suburban, 2 Cent/Pkm außerorts.

Als „**Störwirkungen Umfeld**“ sind vor allem die Wirkungen von Lärm und lokal wirksamen Schadstoffen (CO, Kohlenwasserstoffe, Stickoxide, Stäube) auf Aufenthaltsqualität, Gesundheit, Ökosysteme und Bausubstanz zu berücksichtigen. Die verschiedenen Kostenabschätzungen geben für den Pkw-Verkehr zwischen mittleren 2 Cent/Pkm (so etwa INFRAS/IWW 1995 nach VCÖ 1998) und spezifischen 7 bis 9 Cent/Pkm im Stadtverkehr an (Gahrman 1992 bzw. Frey 1994). In Anbetracht der erheblichen Reduktionspotentiale optimierter Kfz-Technik werden im Innerortsverkehr mittlere Kosten von ca. 3 Cent/Pkm veranschlagt und folgendermaßen nach

108 Ursächlich für die höheren Innerortskosten sind dabei die höhere Kfz-Verkehrsdichte, das häufigere Auftreten von Konfliktströmen (Querverkehr, Ab- und Einbieger), die Erschließungsfunktion von Innerortsstraßen und insbesondere die wesentlich stärkere Beteiligung verletzungsempfindlicher Fußgänger und Radfahrer.

Siedlungstypen differenziert: 6 Cent/Pkm urban, 3 Cent/Pkm semiurban, 1 Cent/Pkm suburban, 0 Cent/Pkm außerorts.

Mit „**Störwirkungen Verkehr**“ sind vor allem die klassischen MIV-internen Staukosten gemeint. Diese werden in zahlreichen jüngeren Studien als Anteil des Bruttoinlandsprodukt angegeben. Die Schätzungen schwanken dabei zwischen 0,3 und 3,5 % (vgl. Weidauer 2003, S.21), auf den Personenkilometer im Jahr 2001 umgerechnet zwischen ca. 1 und 10 Cent/Pkm. Für die Szenarien 2050 wird unterstellt, dass flächendeckendes Road-Pricing Ineffizienzen durch Stauerscheinungen stark verringert. Stets ausgeklammert werden in den erwähnten Studien die Zeitverluste von Fußgängern und Radfahrern durch die Barrierewirkung von Straßen (vgl. Knoflacher 1991). Daher fehlen empirische Anhaltspunkte zur Festlegung einer entsprechenden Größenordnung. In der Summe beider Effekte wird von (Rest-)Kosten in Höhe von 1 % BIP und damit bezogen auf das Jahr 2001 von ca. 3 Cent/Pkm ausgegangen. Diese werden wie folgt auf die Siedlungstypen umgelegt: 6 Cent/Pkm urban, 3 Cent/Pkm semiurban, 1 Cent/Pkm suburban, 0 Cent/Pkm außerorts.

Als letzter Kostenfaktor werden **globale ökologische Knappheiten** von Rohstoffen, Energie, CO²-Bindung etc. einbezogen. Die Standardisierte Bewertung setzt die Kosten von CO²-Emissionen mit innerorts ca. 5 Cent/Pkm, und außerorts ca. 4 Cent/Pkm an¹⁰⁹. Diese werden stellvertretend für alle betroffenen Ressourcen hier übernommen und aufgrund der unterschiedlichen spezifischen Verbräuche leicht nach Siedlungstypen differenziert: 6 Cent/Pkm urban, 5 Cent/Pkm semiurban, 4 Cent/Pkm suburban, 4 Cent/Pkm außerorts.

	urban		semiurban		suburban		außerorts	
	Kosten	Zeit	Kosten	Zeit	Kosten	Zeit	Kosten	Zeit
Fahrzeug	22		21		20		19	
Fahrweg	8		5		3		3	
Unfälle	8		5		3		2	
Störwirkg Umfeld	6		3		1		0	
Störwirkg Verkehr	6		3		1		0	
ökolog. Knappheit	6		5		4		4	
Summe	56 Cent	1' 41"	42 Cent	1' 16"	32 Cent	58"	28 Cent	50"

Tab. 14 Spezifische Kosten und Zeitäquivalente im MIV nach Siedlungstyp (pro Pkm)

c) Organisationszeit pro Personenkilometer

Der Zeitbedarf für Fahrzeuganschaffung, Tanken, Reinigung, Wartung, Werkstattfahrten (Inspektion, TÜV, Reparatur), Unfall- und Schadensabwicklung wird mit relativ moderaten 30 Stunden pro Pkw und Jahr bei einer Fahrleistung von 15.000 km

109 Verkehrswissenschaftliches Institut an der Universität Stuttgart u.a. 2000, Anhang 1, S.14 und 18

pro Pkw und Jahr (Kontiv2002) angesetzt. Der Zeitbedarf für das Informieren über Routen, Verkehrslage etc. kann angesichts eines großen Routine-Anteils und spätestens im Zuge der Verbreitung fahrzeugseitiger Informationssysteme vernachlässigt werden. Daraus ergibt sich ein spezifischer Organisationsaufwand von ca. 0,002 h oder 7 sec pro Pkm.

Zusammenfassung Fahraufwand MIV

Tabelle 15 fasst die Ergebnisse zum Fahraufwand im motorisierten Individualverkehr in der Summe der betrachteten Aufwandsfaktoren als Geschwindigkeitsäquivalente zusammen. Die Werte liegen innerorts zwischen 11 und 22 sowie auf Schnell- und Außerortsstraßen zwischen 28 und 34 km/h. Durch die Umlegung aller Zeitäquivalente auf Streckenkilometer „verlangsamen“ sich ursprünglich schnelle Außerorts- und Schnellstraßen rechnerisch besonders stark, da dort der Aufwand an Kosten im Verhältnis zur Unterwegszeit pro Kilometer relativ groß ist. Diese Art der Kostenumlegung wurde in Kap. 4.3.1 damit begründet, dass in einer langfristigen Betrachtung alle Aufwandsfaktoren und auch die Investitions- und Anschaffungskosten als vollständig variabel und damit kilometerabhängig behandelt werden müssen¹¹⁰.

	urban	semiurban	suburban	außerorts
Nebenstraßen	11	14	17	28
Hauptstraßen	14	18	21	29
Schnellstraßen	/	/	29	35

Tab. 15 Geschwindigkeitsäquivalente (km/h) im MIV nach Kategorie und Siedlungstyp

Abbildung 19 veranschaulicht die im Verkehrsmodell vorgenommenen Differenzierungen der MIV-Geschwindigkeiten:

- räumliche Unterscheidung zwischen Siedlungstypen (graue Quadrate, s. Karte 5 in Kap. 5.1.1.2) und Straßenkategorien (Nebenstraßen = kurze Stichstrecken, Schnellstraßen = östliche Umfahrung von Lage, Hauptstraßen = alle anderen);
- sachliche Unterscheidung in der Einrechnung von Verkehrsaufwand zwischen Fahrgeschwindigkeiten aus Tabelle 12 (nur Fahrzeit) und dem Geschwindigkeitsäquivalent aus Tabelle 15 (sämtlicher Verkehrsaufwand).

110 Eine alternative Zurechnung, die den Fahrgeschwindigkeitsvorteil der Außerorts- und Schnellstraßen stärker erhalten würde, müsste einen Teil der Investitions- und Anschaffungskosten anstatt auf Strecken(kilometer) analog zum Parkaufwand auf ganze Fahrten umlegen. Dies würde kurze Fahrten stärker an den „Bereitstellungskosten“ beteiligen und den motorisierten Individualverkehr in Szenarien mit größeren Außerorts- oder Schnellstraßenanteilen leicht begünstigen.

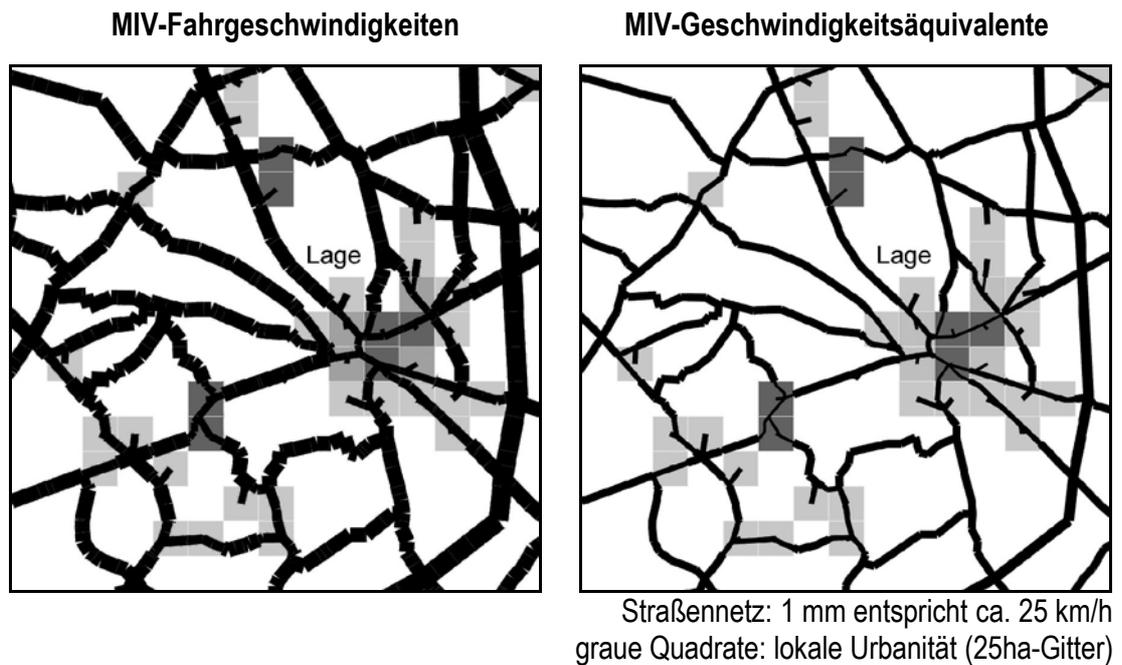


Abb. 19 Vergleich Fahrgeschwindigkeiten und Geschwindigkeitsäquivalente im MIV

4.3.3.2 Parken: Stellplatzkosten und Zugriffszeit

Der Park-Aufwand entsteht

- a) durch den Zeitaufwand für Stellplatzan-/abfahrt und dem Fußweg zwischen Stellplatz und Ziel („Zugriffszeit“) und
- b) durch die Kosten der Stellplatzanlage.

Mit der „lokalen Urbanität“ (vgl. Kap. 2.6.2) nehmen Nutzungskonkurrenzen um Stellplätze, Freiflächen und belichtete Geschossflächen zu und mit ihr der Anteil

- a) nicht direkt am Ziel abgestellter,
- b) gestapelter sowie
- c) in Tiefgeschossen oder anderen unbelichteten Gebäudeteilen untergebrachter Stellplätze.

Somit hängen Zugriffszeit und Stellplatzkosten signifikant vom Siedlungstyp ab und werden im Modell entsprechend differenziert. Der Park-Aufwand wird auf Fahrten umgelegt, nicht auf Strecken bzw. Entfernungen; Der spezifische Park-Aufwand ist somit ein Zeitäquivalent pro Person und Fahrt (und nicht pro Personenkilometer). Für die Stellplatzsuche wird dabei kein Aufwand (an Zeit, Kosten, Emissionen etc.) eingerechnet, sondern davon ausgegangen, dass sich eine solche Ineffizienz in einem optimierten MIV-System auch in urbanen Bereichen weitgehend vermeiden lässt (s. Kapitel 2.3.1), insbesondere durch nach Zahlungsbereitschaften und Knappheiten gestaffelte Stellplatzpreise.

Die Stellplatzkosten pro Fahrt ermitteln sich nach folgender Formel:

$$\text{Stellplatzkosten pro Fahrt} = \frac{\text{Anlagenkosten pro Tag und Stellplatz}}{\text{Anlagenauslastung} * \text{Fahrten pro Pkw und Tag}}$$

Die Anlagenkosten pro Tag und Stellplatz werden aus den spezifischen täglichen Kosten (für Grund, Bau und Betrieb) der verschiedenen Anlagenarten Tiefgarage, Parkhaus, Erdgeschoss-Garage und offener, ebenerdiger Stellplatz sowie siedlungstypspezifischen Anteilen dieser Anlagenarten ermittelt. Tabelle 16 präsentiert die hierfür notwendigen Annahmen und Schätzungen.

Siedlungstyp	Stellplatz-mix	Bau ¹⁾ (euro)	Boden ²⁾ (qm x e/qm)	Betrieb ³⁾ (euro/Jahr)	Summe (euro/Jahr)	tägliches Mittel (euro/Tag)
urban	70% TG	20000	2,5 ⁴⁾ x 400	800	2.880	urban 6,2
	30% offen	2.000	20 x 400	40	880	
semiurban	60% PH	10.000	6 ⁴⁾ x 200	400	1.496	semiurban 3,1
	40% offen	2.000	20 x 200	40	560	
suburban	50% Garage	5.000	20 x 100	100	760	suburban 1,6
	50% offen	2.000	20 x 100	40	400	

1) Annuität Bau: 10% Zinsen und Abschreibung

2) Annuität Boden: 8% Zinsen

3) Betrieb (= Betrieb, Verwaltung, Instandhaltung, Bewirtschaftung): 4% d. Baukosten in TG und PH, sonst 2% (Baier 1984)

4) Grundflächenanteile für Erschließung, Tragwerk, Belüftung etc.

Tab. 16 Anlagenkosten pro Stellplatz

Da Pkw's fast immer und nachts fast alle Pkw's gleichzeitig stehen (über 23 h am Tag, vgl. Socialdata 1993, S.17), entfällt auf jeden Pkw mindestens ein Stellplatz. Die täglichen Kosten pro Stellplatz teilen sich auf 2,2 Fahrten pro Pkw und Tag auf. Dieser empirische Wert von Anfang der 90er-Jahre (ebd.) wird – trotz rückläufiger Tendenz seit Mitte der 70er-Jahre – in alle Szenarien übernommen¹¹¹. Die mittlere Auslastung der Stellplatzanlagen unterliegt dem Einfluss der Nutzungsmischung (s. Kap. 2.6.2.2) und damit des Siedlungstyps. In monofunktionalen suburbanen Siedlungsstrukturen bleibt der Stellplatz an Wohnung und Arbeitsplatz bei Abwesenheit ungenutzt und auch an Zielen mit kürzerer Verweildauer sind Stellplatzanlagen für sehr kurz auftretenden Spitzenbedarf dimensioniert und entsprechend schlecht ausgelastet. Die mittlere Auslastung der Stellplatzanlagen wird mit 40% in suburbanen, 55% in semiurbanen und 70% in urbanen Siedlungsstrukturen veranschlagt.

Nach obiger Formel errechnen sich aus den bisherigen Angaben und bei einer mittleren Pkw-Besetzung von 1,3 Personen Stellplatzkosten pro Person und Fahrt wie sie Tabelle 17 angibt. Gehören Quelle und Ziel unterschiedlichen Siedlungstypen an, so wird ein Durchschnitt gebildet.

111 Anhaltspunkte für eine diesbezügliche Differenzierung der Szenarien sind nicht eindeutig, so dass die in Kap. 4.3.1.5 formulierte Ceteris-paribus-Bedingung einer einheitlichen Auslastung von Infrastrukturen und Fahrzeugen zum Zuge kommt.

Nach dem in Kap. 4.3.1 erläuterten Ansatz werden Stellplatzkosten in einen zeitäquivalenten Verkehrsaufwand umgerechnet. Die noch zu addierende **Zugriffszeit** setzt sich zusammen aus Fußwegen zwischen Stellplatz und Ziel bzw. Quelle, Ein- und Ausfahrt in bzw. aus (Tief-)Garagen und Parkhäusern sowie Zeitbedarf für Rangieren, Taschen verstauen u. ä. Ein Großteil der Zugriffszeit variiert daher mit Stellplatzmix bzw. Siedlungstyp. Die Tabelle 17 enthält die hier veranschlagten grob geschätzten Zugriffszeiten pro Fahrt d. h. in der Summe von Abfahrt und Ankunft.

	urban	semiurban	suburban
Stellplatzkosten (euro)	3,1	2	1,4
Zeitäquivalent Kosten (Min.)	9	6	4
Zugriffszeit (Min.)	3	2	1
Summe (Min.)	12	8	5

Tab. 17 Gesamt-Parkaufwand pro Fahrt und Person

4.3.3.3 Zusammenfassung und Beispielfahrten im MIV

Abbildung 20 bietet eine Übersicht über die im MIV-Modell berücksichtigten Kausalzusammenhänge zwischen den unabhängigen Variablen und den Aufwandsfaktoren Fahren und Parken. Relevant für den spezifischen Verkehrsaufwand im MIV (pro Personenkilometer oder Parkvorgang) ist nur die Lokale Urbanität der Siedlungsstruktur. Ihre Regionale Geometrie spielt dagegen keine Rolle. Sie bewirkt erst im Zusammenspiel von Verkehrs- und Siedlungsmodell Unterschiede in den Fahrtlängen zwischen den besiedelten Zellen.

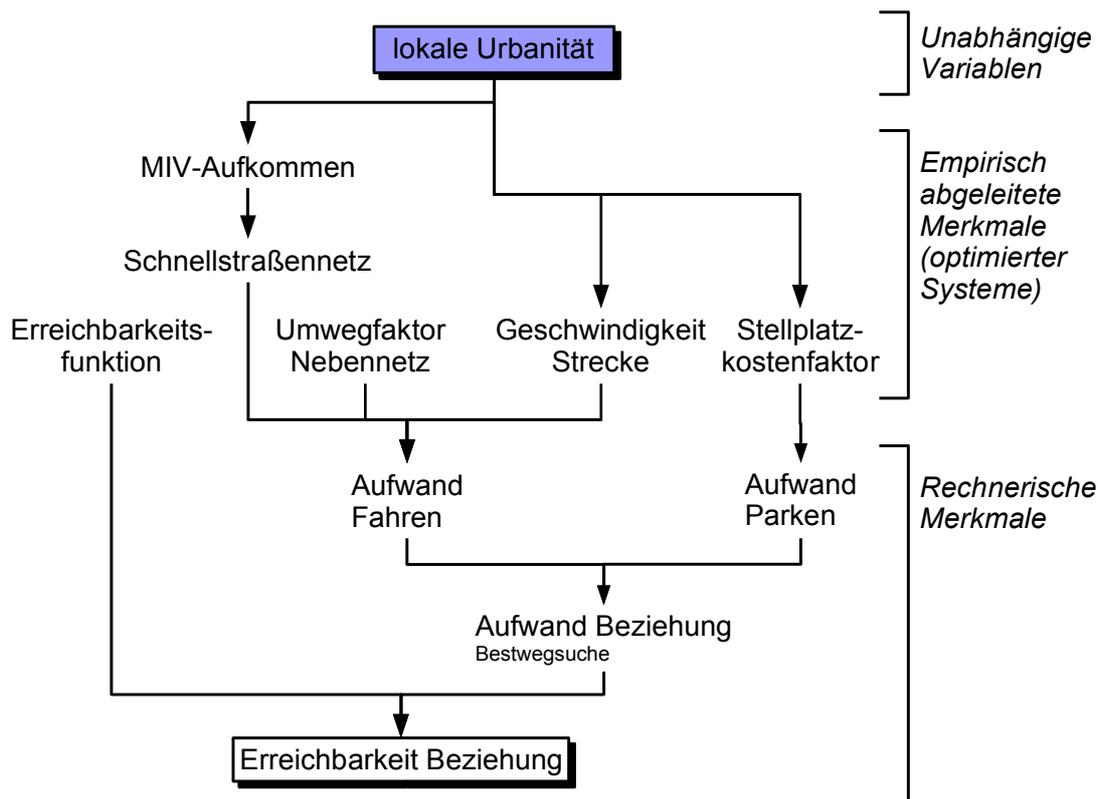


Abb. 20 Erreichbarkeitsmodell im motorisierten Individualverkehr

Zu einem besseren Verständnis der Funktionsweise und Wirkung des MIV-Modells werden nun noch Aufwand und Erreichbarkeit von Beispielfahrten berechnet. Diese Beispielfahrten führen nach 1 km Innerorts-Nebenstraße über 10 km Haupt- bzw. Schnellstraßen, die sich szenariospezifisch aufteilen:

- Die Innerorts-Strecken sowie Quelle und Ziel entfallen mal auf urbane (Städtenetz), mal auf semiurbane (Nivellierung) und mal auf suburbane (Autoland) Siedlungsgebiete.
- Mit abnehmender Siedlungsdichte wird der Innerortsanteil der Fahrstrecken erhöht, um dem Flächeneffekt der Siedlungsdichte Rechnung zu tragen.
- Das suburbane Beispiel erhält den für das Autoland charakteristischen Schnellstraßenanteil.

Tab. 18 zeigt, welcher Aufwand sich für diese Beispiele aus den Werten der Tabellen 15 (Fahren) und 17 (Parken) errechnet: Die Summe der Zeitäquivalente beträgt zwischen gut 30 und knapp 50 Minuten. Sie liegt damit beim Zwei- bis Zweieinhalbfachen der reinen Fahrzeit, die auf der Basis der Tabelle 12 (Fahrgeschwindigkeit) mit 16 bis 21 Minuten angegeben werden kann. Dieses Verhältnis weist auf die starke Diskrepanz von tatsächlichem und wahrgenommenem Aufwand im MIV hin (vgl. Kap. 4.3.1.1).

	urban	semiurban	suburban
Strecken io = innerorts ao = außerorts	1 km Nebenstraße io 5 km Hauptstraße io 5 km Hauptstraße ao	1 km Nebenstraße io 7 km Hauptstraße io 3 km Hauptstraße ao	1 km Nebenstraße io 5 km Hauptstraße io 5 km Schnellstraße io
Aufwand Fahren ¹⁾	37 Min	34 Min	28 Min
Aufwand Parken ¹⁾	12 Min	8 Min	5 Min
Summe Aufwand¹⁾	49 Min	42 Min	33 Min
Erreichbarkeit ²⁾	0,05	0,11	0,29

1) Aufwand in Zeitäquivalenten (inkl. Kosten)

2) gemäß Erreichbarkeitsfunktion aus Abb. 15 in Kap. 4.3.1.4

Tab. 18 Beispielfahrten im Motorisierten Individualverkehr

Die Unterschiede zwischen den Beispielfahrten zeigen, wie empfindlich das Modell auf die für den MIV wichtigsten Variablen reagiert. Im Urbanen ist die Fahrt 16 Minuten bzw. um die Hälfte aufwändiger als im Suburbanen, wobei Fahr- und Park-Aufwand in etwa gleichem Maße für diesen Unterschied verantwortlich sind. Die suburbane Beispielfahrt lässt aber auch die semiurbane weit hinter sich. Die Relationen verstärken sich durch Umrechnung der Aufwandswerte in Erreichbarkeit nochmals (s. Erreichbarkeitsfunktion in Abb. 15 von Kap. 4.3.1.4). Im Ergebnis erkennt das hier entworfene MIV-Modell nach 11 km Fahrt nur noch dem suburbanen Autoverkehr relevante Qualitäten zu. Dass Ziele in dieser Entfernung bereits auf unter ein Drittel und in nicht MIV-affinen Verhältnissen bis unter die Relevanzgrenze abgewertet werden, ist in dieser Untersuchung nicht MIV-spezifisch, sondern gilt genauso für den ÖV (s. Tabelle 25 am Ende des nächsten Kapitels). Ursache ist nicht zuletzt der relativ steile Verlauf der hier verwendeten Erreichbarkeitsfunktion. Dieser Verlauf ist methodisch notwendig, damit das Ergebnis nicht durch die eng gezogene Abgrenzung des Verflechtungsraums verfälscht wird (vgl. Kap. 4.3.1.4).

4.3.4 Öffentlicher Verkehr

Der Verkehrsaufwand im Öffentlichen Verkehr setzt sich zusammen aus den Aufwänden für

- Fahrtantritt,
- Fahren,
- Halten,
- Umsteigen und
- Zu- und Abgang.

Das ÖV-Angebot wird im Modell differenziert in jeweils ein langsames System der Erschließung und Nah-Verbindung (Nahverkehr) und ein schnelleres System der regionalen Verbindung (Regional- bzw. Expressverkehr). Das Modell unterstellt in

beiden Fällen **bevorrechtigte Standardlinienbusse** auf einem an die Belange des ÖV in Linienführung, Verknüpfung und Standards angepassten Straßennetz. In klein- und mittelstädtischen Siedlungsräumen erscheint die Frage der Spurführung und der dadurch erreichten Fahrzeuggröße und Geschwindigkeit eher nebensächlich bzw. wird in ihrer Wirkung auf die Geschwindigkeitsäquivalente (zu diesem Begriff siehe Kap. 4.3.1.2) durch die höheren Infrastrukturkosten der Schiene kompensiert. Die Bevorrechtigung des straßengebundenen Busverkehrs kann flächen- und kostensparend durch teilräumliche Stauumfahrung sowie Pulkführung, Vorfahrt und Grünanforderung im Mischverkehr hergestellt werden (vgl. Kap. 2.4.1).

Die Angebote werden nur insoweit simuliert, wie sie zur Berechnung von Aufwand und Erreichbarkeit hier notwendig sind. Es werden keine Fahrpläne entwickelt.

4.3.4.1 Fahrtantritt

Durch den Zeitabstand zwischen zwei Bedienungen (Taktzeit) entstehen den Fahrgästen Zeitverluste an Quelle, Einstiegshaltestelle, Umstiegshaltestelle oder Ziel; entweder als Wartezeit (an der Haltestelle) oder als zeitäquivalenter Aufwand für die notwendige Anpassung des Aktivitätsprogramms (an Quelle oder Ziel). Die Taktzeit weist mit Ausprägungen zwischen wenigen Minuten und ein bis zwei Stunden die größte Bandbreite aller Angebotsmerkmale auf. Durch das Konzept des Integralen Taktfahrplans (ITF) sind Taktzeiten von 7,5, 15, 30, 60 und 120 Minuten im Nah- und Regionalverkehr gebräuchlich; die Operationalisierung im Folgenden betrachtet nur diese ITF-Stufen bis inklusive des 60-Minuten-Takts¹¹².

In der Literatur und in Bewertungsmodellen werden die Taktzeit bzw. ihr Kehrwert die Bedienungshäufigkeit regelmäßig als eine der wichtigsten Determinanten von Angebotsqualität eingestuft¹¹³.

Maßgeblich für den Aufwand für das Warten bzw. den Fahrtantritt ist der schlechteste Takt einer Verbindung. Der Takt von Linienbündeln wird, eine optimale Linienkoordination unterstellend, durch Addition der Bedienungshäufigkeiten berechnet¹¹⁴. Linienbündel werden jedoch nicht berücksichtigt, wenn dadurch keine bessere ITF-Stufe erreicht wird. Aus dem gleichen Grund werden auch kürzere Taktzeiten als 7,5 Minuten konzeptionell vermieden und nicht modelliert: Die zusätzlichen Kosten steigen bei Taktverdichtungen unter 7,5 Minuten stärker als die zusätzliche Qualität.

112 Der Zwei-Stunden-Takt mag für die Frage von Mindeststandards und Grundversorgung eine Rolle spielen. Dieser wird hier jedoch nicht untersucht und im Autoland als einzigem Szenario mit gegenüber heute schlechteren ÖV-Angeboten als gegeben unterstellt. In einer Wahlmöglichkeiten-Bewertung ist der Beitrag eines Zwei-Stunden-Taktes vernachlässigbar. Alleine der Zeitaufwand Fahrtantritt betrüge bei analoger Behandlung im Folgenden bereits ca. 40 Minuten; inklusive der weiteren ÖV-Teilaufwände hätten Verbindungen, die nur im Zwei-Stunden-Takt angeboten werden, Erreichbarkeiten von unter 0,1 (s. Erreichbarkeitsfunktion in Kapitel 4.3.1.4).

113 Vgl. Pohlmann 1995, Ruppert u.a. 1978, Walther 1991 und 1992, Bahman 1988, Blennemann/ Pajonk 1978 und Platzer 2000.

114 Ebenso in der Standardisierten Bewertung, S.27.

Zur Herleitung der taktabhängigen **Wartezeit an Haltestellen** wird der Einfachheit halber angenommen, dass sie vollständig an der Einstiegshaltestelle verbracht wird und an der Umstiegshaltestelle lediglich der pauschale Umsteige-Aufwand (siehe unter 4.3.4.4) aber keine weitere taktabhängige Wartezeit anzusetzen ist. Im Modell wird somit neben einer guten Linienkoordination unterstellt, dass bei Umstieg von einer Linie mit besserem auf eine Linie mit schlechterem Takt in der Zubringer-Linie nur Kurse mit Anschluss benutzt werden.

- Bei Taktzeiten bis 7,5 Minuten ist von einem Zugang ohne Fahrplanbenutzung auszugehen. Die Wartezeit kann nach dem Vorbild der Standardisierten Bewertung mit der halben Taktzeit veranschlagt werden. Statt 3,75 werden hier 3,5 Minuten angesetzt, da die Zugänge zeitlich nicht völlig zufällig verteilt sind, sondern eine kleine Zugangsspitze kurz vor der Bedienung plausibel erscheint (Fahrgastanteil mit Fahrplankennntnis bzw. zusätzliche Eile bei ÖV-Fahrzeug in Sichtweite).
- Für die Herleitung der Wartezeit bei Taktzeiten von über 7,5 Minuten ist von einem Zugang nach Fahrplan auszugehen. Die Standardisierte Bewertung nimmt die dann auftretenden Wartezeiten mit pauschal 5 Minuten an. Dieser einfache Ansatz vernachlässigt, dass die Fahrgäste das mit der Taktzeit zunehmende Risiko einer verpassten Bedienung durch zusätzliche Sicherheiten (Pufferzeiten) auszugleichen suchen. Daher werden hier taktabhängige Wartezeiten veranschlagt, wie sie Walther (1991) aus drei empirischen Studien zusammengestellt hat: 5 Min. bei einem 15-Minuten-Takt, 7 Minuten bei einem 30-Minuten-Takt und 8 Minuten bei einem 60-Minuten-Takt veranschlagt.

Darüber hinaus ist zu bedenken, dass sich das Aktivitätenprogramm nicht ohne Friktionen beliebig an den Fahrplan anpassen lässt: "Mit zunehmenden Fahrtenfolgezeiten entstehen Dispositionszeiten als Differenz zwischen der vom Reisenden gewünschten Abfahrtszeit und realisierter Abfahrtszeit. Die Dispositionszeiten sind nicht als reale Wartezeiten anzusehen. Die durchgeführten Analysen zeigten jedoch, dass die subjektive Wahrnehmung durch den Reisenden nahezu mit einer Wartezeit gleichgesetzt werden kann, obwohl die Dispositionszeiten durchaus für andere Aktivitäten nutzbar wären. Eine Erklärung kann darin liegen, dass bei der Beurteilung des Angebotes öffentlicher Verkehrsmittel spontane Entscheidungen vorausgesetzt werden, die eine anderweitige Nutzung der Dispositionszeiten nicht mehr zulassen." (Schäfer 2001, S.11, oder ähnlich bei Pohlmann 1995, S.88) In der Standardisierten Bewertung wird dieser Aufwand als „Systemverfügbarkeit“ hier jedoch analog zum MIV als **Organisationszeit** bezeichnet. Neben der Wartezeit an der Einstiegshaltestelle ist demnach Organisationszeit in Rechnung zu stellen für

- a) das Zeitmanagement selbst (Fahrplaninformation, Terminabsprachen etc.),
- b) die Folgen des Zeitmanagements bei restriktiven Taktzeiten (nicht beendete Aktivitäten, schlecht nutzbare Restzeiten) und
- c) weitere echte Wartezeiten an Quelle und/oder Ziel durch terminliche Bindungen.

Die Standardisierte Bewertung quantifiziert die Reisezeitäquivalente R der Organisationszeit (dort „Systemverfügbarkeit“) mittels einer Funktion der Taktzeit t : $R = 0,4 t$

+ 0,00192 t² (S. 32)¹¹⁵. Diese Bewertungsfunktion lässt sich in erster Näherung zu R = 0,5 t vereinfachen. Sie beruht (üblicherweise) auf einer Funktion der Verkehrsnachfrage und beinhaltet daher auch Wirkungen subjektiver Wahrnehmung und Bewertung, die hier ausgeklammert werden (s. Kap. 4.3.1). Eine isolierte Abschätzung der Organisationszeit kommt zwangsläufig zu einem niedrigeren Ansatz:

- Für Taktzeiten bis 7,5 Minuten wird keine Organisationszeit veranschlagt. Der entscheidende Vorteil solcher Taktzeiten liegt darin, dass der Fahrtantritt jederzeit spontan und ohne Anpassungen des Aktivitätenprogramms möglich ist und ein Zeitaufwand für seine Anpassung, für Fahrplaninformation o. ä. entfällt. Daher sind auch terminliche Bindungen an der Quelle unschädlich. Lediglich terminliche Bindungen am Ziel können geringe zusätzliche Wartezeiten von wenigen Minuten hervorrufen, die aber angesichts üblicher Pünktlichkeitsansprüche vernachlässigbar erscheinen.
- Für Taktzeiten über 7,5 Minuten wird der Ansatz der Standardisierten Bewertung (siehe Fußnote 115) halbiert und ein Viertel der Taktzeit als äquivalente Organisationszeit veranschlagt: 3 Minuten bei einem 15-Minuten-Takt, 7 Minuten bei einem 30-Minuten-Takt und 15 Minuten bei einem 60-Minuten-Takt.

Damit ergeben sich in der Summe von Wartezeit und Organisationszeit Zeitaufwände bei Fahrtantritt in Höhe der Tabelle 19.

Takt (Min.)	7,5	15	30	60
Zeitaufwand (Min.)	3,5	8	13	23

Tab. 19 Taktabhängiger Zeitaufwand bei Fahrtantritt

Der durch das Warten bei Fahrtantritt verursachte Aufwand kann nicht als Streckengewichte im Distanzgraphen abgebildet werden; weder in den Zugangs- oder Umsteige-Strecken, da seine Höhe erst am Ziel fest steht, wenn der schlechteste Takt der gewählten Verbindung bekannt ist, noch in den gefahrenen Strecken, da seine Höhe von der Anzahl der durchlaufenen Strecken unabhängig sein muss und eine Addition von Streckengewichten daher unzulässig wäre. Der Warte-Aufwand kann daher erst nach der Kürzest-Weg-Suche auf folgende Weise einbezogen werden: Für jede Taktstufe wird ein eigener Distanzgraph erstellt, der alle Strecken enthält, die diesen oder einen besseren Takt haben. Linienbündel werden dabei durch zusätzliche Strecken mit besserem Takt repräsentiert. In jedem Teil-Distanzgraph wird per Kürzest-Weg-Suchlauf der geringste Aufwand in der Addition der im Folgenden betrachteten Teilaufwände für Fahren, Halten, Umsteigen und Zugang ermittelt und mit dem Warte-Aufwand des schlechtesten Taktes des jeweiligen Distanzgraphen addiert. Das kleinste Ergebnis dieser Addition repräsentiert die Verbindung mit dem geringstem Gesamtaufwand.

115 Für die hier relevanten ITF-Takte ergibt die Funktion folgende Werte: 3,1 Minuten bei einem 7,5-Minuten-Takt, 6,4 bei 15, 14 bei 30 und 31 bei 60.

4.3.4.2 Fahren

Der Fahr-Aufwand entsteht durch die Fahrzeit sowie durch die Kosten bzw. Ressourcenentwertung für Fahrweg, Fahrzeug und durch Störwirkungen. Er bezieht sich nur auf die Strecken zwischen den Haltestellen; Der Aufwand für Haltestellen selbst wird als Halte-Aufwand in Kapitel 4.3.4.3 getrennt erfasst. Der spezifische Fahr-Aufwand ist somit ein zeitäquivalenter Wert pro Person und zurückgelegtem Kilometer.

a) Fahrgeschwindigkeit (ohne Zeitverluste durch Haltestellen)

Empirische Angaben zu den ÖV-Fahrgeschwindigkeiten waren für den Untersuchungsraum nicht verfügbar. Auch aus anderen Städten sind in der Regel nur die Beförderungsgeschwindigkeiten inklusive der Zeitverluste durch Haltestellen erhältlich. Für den Straßen-ÖV innerorts liegen die meisten empirischen Angaben zwischen 17 und 22 km/h¹¹⁶. Werden aus diesen Werten die Zeitverluste durch Haltestellen entfernt, ergeben sich mittlere Fahrgeschwindigkeiten innerorts von 25 bis 38 km/h¹¹⁷. Aus dieser Bandbreite lassen sich jedoch – wie schon beim MIV – keine Anhaltspunkte für Differenzierungen nach lokaler Urbanität und für die Wirkung der unter „Optimierte Systeme“ beschriebenen ÖV-Bevorrechtigung gewinnen. Daher werden nach den MIV- Fahrgeschwindigkeiten auch die hier verwendeten ÖV-Fahrgeschwindigkeiten mit Hilfe einer einfachen Simulation idealtypischer Innerorts-Fahrspiele hergeleitet (s. Tabelle 20). Dabei werden im Hinblick auf Knotenabstand und Höchstgeschwindigkeit die gleichen Eingangsgrößen wie beim MIV verwendet. Lediglich an den Knoten wird als Wirkung der ÖV-Bevorrechtigung keine Wartezeit angesetzt, sondern davon ausgegangen, dass die in optimierten Systemen verbleibenden Zeitverluste infolge von Abbiegevorgängen, Störungen im Mischverkehr oder verspäteter Grünfreigabe im Fahrspiel durch ein einmaliges Abbremsen in den Stand und Wiederbeschleunigen ausreichend repräsentiert sind.

lokale Urbanität	Knotenabstand (m)	Wartezeit am Knoten (s) ¹⁾	Höchstgeschwindigkeit	Fahrgeschwindigkeit (km/h)
urban	500	0	45	35
semiurban	700	0	50	40
suburban	1000	0	55	45

1) Zusätzliche Verlustzeit am Knoten durch Abbremsen in den Stand und Wiederbeschleunigung mit 1,0 m/qs.

Tab. 20 ÖV-Fahrsimulation innerorts (ohne Haltestellen)

116 Angaben für Plauen (www.strassenbahn-plauen.de), Köln (www.kvb-koeln.de) und München (www.mvg-mobil.de) sowie aus diversen anderen Quellen.

117 Eigene Berechnung aus den genannten Beförderungsgeschwindigkeiten mit einem Haltestellenabstand von 500m und einer Zeitverlust von 35sec pro Haltestelle (s. Halte-Aufwand in 4.3.4.3)

Die ÖV-Fahrgeschwindigkeiten **außerorts** basieren auf den MIV-Werten von 50 km/h für Neben-, 55 km/h für Haupt- und 80 km/h für Schnellstraßen. Um daraus ÖV-spezifische Werte zu gewinnen sind die Überlegungen zu den Optimierte ÖV-Systemen (s. Kap. 2.4.1) zu berücksichtigen: Zum einen sorgt eine ÖV-orientierte Straßennetzplanung für einen relativ hohen Ausbaustandard auf von ÖV-Linien befahrenen Straßen; zum zweiten ist der ÖV in der Regelung und in der baulichen Anlage von Knoten bevorrechtigt. Für den ÖV-Nahverkehr werden daher Außerorts-Fahrgeschwindigkeiten von 60 km/h angesetzt¹¹⁸.

Im **Express- und Regionalverkehr** sind außerorts höhere Schnellstraßenanteile anzunehmen und analog zum MIV auch innerorts in den suburbanen Siedlungen. Die Fahrgeschwindigkeiten liegen somit geschätzte 5 km/h über dem Nahverkehr bei nunmehr 65 km/h außerorts¹¹⁹ bzw. 50 km/h in suburbanen Siedlungen¹²⁰. Die weiteren Zeitvorteile des Express- bzw. Regionalverkehrs schlagen sich nicht in den Fahrgeschwindigkeiten nieder, sondern im Netzmodell in der wesentlich geringeren Anzahl an Haltestellen, der direkteren Linienführung zwischen den regionalen Netzknoten sowie in den höheren außerörtlichen Streckenanteilen.

	urban	semiurban	suburban	außerorts
Nahverkehr	35	40	45	60
Regional-/ Expressverkehr	35	40	50	65

Tab. 21 Fahrgeschwindigkeit im öffentlichen Verkehr (ohne Haltestellen)

b) Fahrkosten pro Personenkilometer

Die mittlere Auslastung des öffentlichen Straßenpersonenverkehrs von 20%¹²¹ wird mangels konkreter Daten auch für den Untersuchungsraum veranschlagt. Dies entspricht in einem Standard-Linienbus ca. 16 Fahrgästen (mittlere Besetzung eines Busses nach VDV 2003: 18 Fahrgäste).

Die Kosten für **Fahrer, Fahrzeug (inkl. Kapitalkosten) und Betrieb** liegen im Stadtverkehr bei 3,5 bis 4 € pro Buskilometer (oder 22 bis 25 Cent/Pkm) und im Überlandverkehr mit höheren Geschwindigkeiten bei 2 bis 2,5 € pro Buskilometer (oder 12 bis 16 Cent/Pkm)¹²². Dieser Unterschied nach Beförderungsgeschwindigkeit wird vor allem vom Kostenfaktor Fahrpersonal hervorgerufen, der im Überlandver-

118 Entspricht der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei stehenden Insassen.
 119 Die gleiche Fahrgeschwindigkeit von 65 km/h lässt sich z. B. für die S-Bahn Rhein-Main aus den empirischen Angaben einer mittleren Beförderungsgeschwindigkeit von 50 km/h und einem mittleren Haltestellenabstand von 2,8 km (www.bahn.de) sowie der Annahme eines mittleren Zeitverlustes pro Haltestelle von einer 3/4 Minute errechnen.
 120 In den urbanen und semiurbanen Siedlungen der Szenarien kommen Schnellstraßen aus Gründen der Flächenknappheit nicht vor; die Fahrgeschwindigkeiten zwischen Nahverkehr und Express- bzw. Regionalverkehr unterscheiden sich dort daher nicht.
 121 VDV (2003, S.20). Der Wert bezieht sich auf die sich bei 4 Stehplätzen pro qm ergebende theoretische Platzkapazität.

kehr ca. zwei Drittel und im Stadtverkehr ca. drei Viertel der drei genannten Kostenkomponenten ausmacht. Für das Verkehrsmodell werden die Fahrpersonalkosten in Strecke und Haltestelle aufgespalten und getrennt dem Fahr- bzw. Halte-Aufwand zugerechnet¹²³. Der Anteil reiner Fahrzeit lässt sich nach den Darstellungen in Punkt a) mit ca. 60% angeben (mit nur leichten Unterschieden der Siedlungstypen, die im weiteren nicht durchschlagen). Somit sind ein knappes Drittel der o. a. Beförderungskosten (40% von drei Vierteln) im Innerortsverkehr nicht hier als Fahrkosten, sondern in Kapitel 4.3.4.3 als Halte-Kosten anzurechnen. Es ergeben sich mittlere Fahrkosten innerorts von ca. 16 Cent/Pkm (gut zwei Drittel von 24 Cent/Pkm). Wird ferner berücksichtigt, in welchem Maß sich die Unterschiede der Fahrgeschwindigkeiten in den Personalkosten niederschlagen, können spezifische Werte für die Siedlungstypen abgeschätzt werden: 19 Cent/Pkm urban, 17 Cent/Pkm semiurban, 14 Cent/Pkm suburban.

Um für die reinen Außerortsstrecken die oben angegebenen (12-16 Cent/Pkm) Beförderungskosten in Fahrkosten umzurechnen sind die mittleren Beförderungsgeschwindigkeiten von Überlandbussen von 35km/h (Sarnes 1998, inkl. Verlustzeiten an Haltestellen) mit den hier angesetzten 60 bis 65 km/h Fahrgeschwindigkeit (bevorrechtigt und ohne Verlustzeit an Haltestellen) ins Verhältnis zu setzen. Pro gefahrenem Kilometer ist daher für die Personalkosten gut die Hälfte und für die gesamten Außerorts-Fahrkosten ca. zwei Drittel der oben zitierten Beförderungskosten anzusetzen, also ca. 10 Cent/Pkm.

Die **Fahrwegkosten** sind in flächensparenden Mischverkehrssystemen eher unbedeutend. Der Flächenanspruch pro Fahrgast beträgt im bevorrechtigten Mischverkehr knapp ein Zehntel des MIV (vgl. Krug 2003). Auf getrennten Abschnitten kann er dagegen je nach Takt und Fahrzeuggröße sogar höher als im MIV sein. Die Anteile getrennter Abschnitte werden in allen Szenarien pauschal mit 25% veranschlagt. Im Verhältnis zum MIV ergeben sich dadurch Fahrwegkosten von 10 bis 20%. Mit 2 c/Pkm in den urbanen Bereichen und 1 Cent/Pkm in den semiurbanen Bereichen wird hier ein relativ ÖV-ungünstiger Kostenansatz gewählt, mit dem die Kosten für Betriebshöfe ebenfalls reichlich abgedeckt sind¹²⁴.

Mittlere **Unfall- und Umweltkosten** werden von Frey 1994 und VCÖ 1998 mit insgesamt ca. 2 Cent/Pkm angegeben. Die Standardisierte Bewertung setzt die Unfallkosten mit 12 Cent/Fzkm bzw. weniger als 1 Cent/Pkm in die gleiche Größenordnung. Angesichts solch geringer Werte werden die spezifischen Unfall- und Umweltkosten der Siedlungstypen ohne weitere Vertiefung wie folgt veranschlagt: 3, 2, 1, 0 Cent/Pkm. Es ergibt sich eine ähnliche Relation zum MIV wie bei den Fahrwegkosten.

122 Angaben aus Leuthardt 1998 und Sarnes 1998. Nachrichtlich: Die mittleren Einnahmen der Verkehrsbetreiber liegen im Straßenpersonenverkehr inkl. Ausgleichszahlungen (etwa für Schüler und Behinderte) bei gut 12 Cent/Pkm (VDV 2003, 20). Für ÖV in großen Städten geben Kuhfeld/Kunert (1998) Aufwendungen pro Pkm von 20 – 30 Cent und Einnahmen von 10 – 15 Cent an.

123 Die kleineren Anteile von Verschleiß-, Kraftstoffkosten bleiben dagegen voll streckenbezogen und werden auch nicht nach Fahrgeschwindigkeit differenziert.

124 Leuthardt 1996: ca. 0,3DM/Fzkm für Betriebshöfe und Haltestellen => ca. 1 Cent/Pkm für Betriebshöfe.

	urban		semiurban		suburban		außerorts	
	Kosten	Zeit	Kosten	Zeit	Kosten	Zeit	Kosten	Zeit
Fahrzeug, Fahrer, Betrieb	19		17		14		10	
Fahrweg	2		1		0		0	
Unfälle, Umwelt	3		2		1		0	
gesamt	24 Cent	43"	20 Cent	36"	15 Cent	27"	10 Cent	18"

Tab. 22 Fahrkosten (Cent/Pkm) und Zeitäquivalente im ÖV (ohne Haltestellen)

Fahrgeschwindigkeiten und Zeitäquivalente der Fahrkosten ergeben zusammen Geschwindigkeitsäquivalente zwischen 25 km/h in urbanen Siedlungen und knapp 50 km/h im Regional-/Expressverkehr außerorts (s. Tab. 23).

	urban	semiurban	suburban	außerorts
Nahverkehr	25	29	34	46
Reg./Expr.-Verkehr	25	29	36	49

Tab. 23 Geschwindigkeitsäquivalente (km/h) im ÖV (ohne Haltestellen)

Abbildung 21 veranschaulicht die im Verkehrsmodell vorgenommenen Differenzierungen der ÖV-Geschwindigkeiten:

- räumliche Unterscheidung zwischen Siedlungstypen (graue Quadrate, s. Karte 5 in Kap. 5.1.1.2);
- sachliche Unterscheidung in der Einrechnung von Verkehrsaufwand zwischen Fahrgeschwindigkeiten aus Tabelle 21 (nur Fahrzeit) und dem Geschwindigkeitsäquivalent aus Tabelle 23 (sämtlicher Verkehrsaufwand).

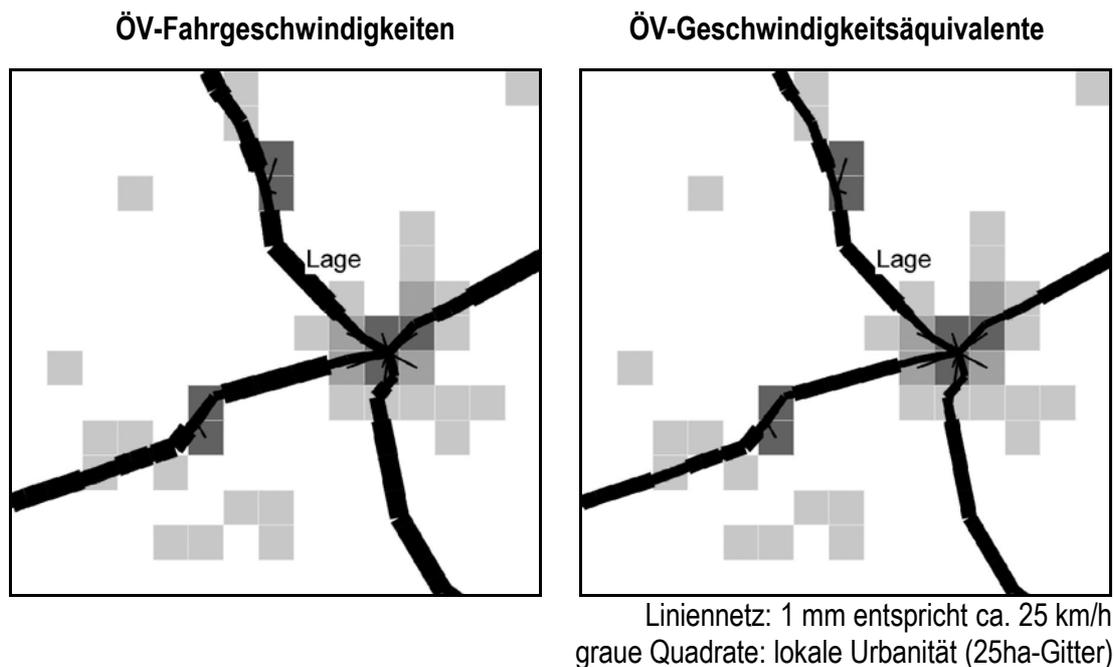


Abb. 21 Vergleich Fahrgeschwindigkeiten und Geschwindigkeitsäquivalente im ÖV

4.3.4.3 Halten

Der Aufwand für das Abbremsen, Halten und Beschleunigen sowie für die Infrastruktur an Haltestellen wird getrennt vom Fahr-Aufwand erfasst, damit das ÖV-Modell für Unterschiede in den Haltestellenabständen sensibel ist.

Der Zeitverlust durch **Abbremsen und Beschleunigen** wird in erster Linie von Komfort- und Sicherheitsanforderungen bei stehenden Fahrgästen bestimmt. Diese begrenzen die maximale Beschleunigung auf ca. 1 m/qs. Im Modell wird von einer mittleren Beschleunigung von 0,9 m/qs ausgegangen, die gemeinsam mit der mittleren Innerorts-Fahrgeschwindigkeit von ca. 40 km/h (s. Tab. 21) einen maximalen Zeitverlust von 2 x 12 s pro Haltestelle bewirkt. Der effektive Zeitverlust wird im Modell jedoch aufgrund einer teilweisen Überlagerung der Verzögerungs- und Beschleunigungsstrecken von Knoten und Haltestellen geringer veranschlagt mit ca. 2 x 8 s pro Haltestelle.

Der Ansatz der **Haltedauer** unterstellt Niederflureinstieg, gleichmäßige Verteilung auf alle Türen durch allseitigen Haltestellenzugang und keinen Ticketverkauf durch Fahrer. Im Regional- und Expressverkehr ist der Fahrgastwechsel pro Haltestelle stärker, da Haltestellen hier meist Umsteigeknoten sind und sich in ihrem Umfeld publikumsintensive Einrichtungen konzentrieren. Eigene Erhebungen in mehreren Verkehrssystemen und Städten lassen auf mittlere Standzeiten von ca. 17 s im Nahverkehr und ca. 27 s im Regional- und Expressverkehr schließen.

Die genannten Faktoren werden im Modell mit einem Zeitverlust pro Haltestelle von 33 s im Nahverkehr und 43 s im Regional- und Expressverkehr berücksichtigt.

Die Ableitung der **Betriebskosten** pro Haltestelle beschränkt sich auf die Kosten für das Fahrpersonal; die Kosten für Energieverbrauch u. a. sind demgegenüber gering und werden in optimierten Systemen etwa durch Bremsenergieerückgewinnung technisch minimiert. Die Abschätzung der Betriebskosten erfolgt von zwei Seiten, mit gleichem Ergebnis:

- Zum einen lassen sich aus den unter Fahr-Kosten verwendeten Werten, ca. 24 c/Pkm und ca. 40% Haltestellenanteil an der Beförderungszeit, die durch Haltestellen verursachten Betriebskosten mit einem Drittel bzw. ca. 8 Cent pro Personenkilometer oder 3-4 Cent pro Person und Halt annehmen.
- Zum anderen können aus dem absoluten Zeitverlust pro Haltestelle, den Betriebskosten pro Fahrzeug-Stunde von gut 40 €¹²⁵ und 16 Fahrgästen pro Fahrzeug (s. oben unter Fahrkosten) Haltekosten von wiederum ca. 3 Cent pro Person und Halt abgeschätzt werden.

Die **Infrastrukturkosten** einer Haltestelle entstehen durch Bau und Betrieb von Wetterschutz, Beleuchtung, Informationsträger, Sitzgelegenheit u. ä. Die Baukosten werden mit 30.000 € veranschlagt (vgl. Leuthardt 1996, S.14), die jährlichen Kapitalkosten mit 10% Zins und Abschreibung und die jährlichen Betriebskosten mit 2% der Baukosten (eigene Schätzung). Die wöchentlichen Infrastrukturkosten belaufen sich somit auf ca. 70 € bzw. bei einem sehr guten 7,5-Min-Takt mit ca. 700 Bedienungen in der Woche auf ca. 10 Cent pro Bedienung oder knapp 1 Cent pro Halt und Fahrgast. Schlechtere Bedienungshäufigkeiten mit höheren Infrastrukturkosten pro Bedienung kommen nur in den Szenarien Autoland und Nivellierung vor. Da ihre Begünstigung im Interesse einer hypothesenkritischen Operationalisierung liegt (Hypothese 1 und 3) werden die Infrastrukturkosten in allen Szenarien auf 1 Cent pro Halt und Fahrgast und somit die Gesamtkosten eines Haltes auf knapp 4 Cent pro Person oder 7 Sekunden Zeitäquivalent gemittelt.

Der zeitäquivalente Aufwand pro Haltestelle beträgt im Ergebnis 40 bzw. 50 Sekunden (s. Tab. 24). Um diesen Aufwand in einem Distanzgraphen berücksichtigen zu können, der nur Streckengewichte kennt, wird er jeweils zu Hälfte den an die Haltestelle anstoßenden Linienabschnitten zugerechnet.

	Zeitverlust	Zeitäquivalent Kosten	Summe
Nah-ÖV	33 s	7 s	40 s
Reg-/Express-ÖV	43 s	7 s	50 s

Tab. 24 Zeitäquivalenter Aufwand Haltestelle

125 Die in der Standardisierten Bewertung mit 32 € pro Stunde angesetzten Fahrpersonalkosten betragen nach dem Ansatz in Kap. 4.3.4.2 b) ca. drei Viertel der Gesamtbetriebskosten.

4.3.4.4 Umsteigen

Auch bei optimaler Linienkoordination entstehen beim Umsteigen Wartezeiten und ein betrieblicher (Zeit-)Aufwand für die Koordination. Als insgesamt vernachlässigbar wird in optimierten ÖV-Systemen der Zeitbedarf für Fußwege zwischen Umsteige-Haltestellen eingeschätzt. Ein Komfortabschlag für „empfundenen Aufwand“¹²⁶ erfolgt nicht, getreu der generellen Vorüberlegung, „subjektiven Verkehrsaufwand“ in einer Wahlmöglichkeiten-Analyse auszuklammern (s. Kap. 4.3.1.1).

Die Standardisierte Bewertung veranschlagt Wartezeiten beim Umsteigen mit der halben Taktzeit bzw. maximal 5 Minuten (dort S.27). Übertragen auf den 7,5-Minuten-Takt ist eine mittlere Wartezeit von knapp 4 Minuten anzusetzen, ohne zusätzlichen Aufwand für die Linienkoordination. Schlechtere Taktzeiten kommen überwiegend in den Szenarien Nivellierung und Autoland vor, deren Begünstigung jedoch im Interesse einer hypothesenkritischen Operationalisierung liegt (Hypothese 1 und 3). Daher wird der Umsteige-Aufwand nicht nach Takt oder Szenario differenziert, sondern einheitlich mit 4 Minuten veranschlagt.

Der Umsteige-Aufwand wird im ÖV-Distanzgraphen dadurch auf Strecken umgelegt, indem Haltestellen, die von mehreren ÖV-Linien bedient werden in eine entsprechende Anzahl virtueller Haltepunkte aufgeteilt werden. Diese virtuellen Haltepunkte werden dann mit Umsteige-Strecken verknüpft, die 4 Minuten „lang“ sind¹²⁷.

4.3.4.5 Zugang

Der Zeitaufwand für die Wege zwischen Haltestelle und Quelle bzw. Ziel ist von der Entfernung zwischen Haltestelle und Zellmittelpunkt abhängig. Jede Zelle wird mittels „Zugangskante“ an alle Haltestellen innerhalb einer Entfernung von 800 m um den Zellmittelpunkt angebunden. Die Zugangswege werden als Fußwege simuliert mit den in Kap. 4.3.2 beschriebenen Eigenschaften. Als Variante wird in Kap. 5.3.1 auch die Fahrrad-Benutzung (Bike & Ride) berechnet.

4.3.4.6 Zusammenfassung und Beispielfahrten im öffentlichen Verkehr

Abbildung 22 bieten eine Übersicht über die im ÖV-Modell berücksichtigten Kausalzusammenhänge zwischen den unabhängigen Variablen regionale Geometrie und lokale Urbanität und den Aufwandsfaktoren Fahren, Halten, Warten, Zugang und Umstieg.

126 Wie etwa in der Standardisierten Bewertung, die für die „Unannehmlichkeiten beim Umsteigen“ einen Zeitäquivalent von über 8 Minuten ansetzt (S.31).

127 Aufgrund der Darstellung von Linienbündeln als eigene Linie (siehe unter Punkt Fahrtantritt) können unsinnige Umsteige-Verknüpfungen von Linien (als Teil eines Bündels) mit sich selbst entstehen. Ein Fehler entsteht dadurch jedoch nicht, da solche Umsteige-Verknüpfungen nie der kürzeste Weg einer Quelle-Ziel-Beziehung sein können.

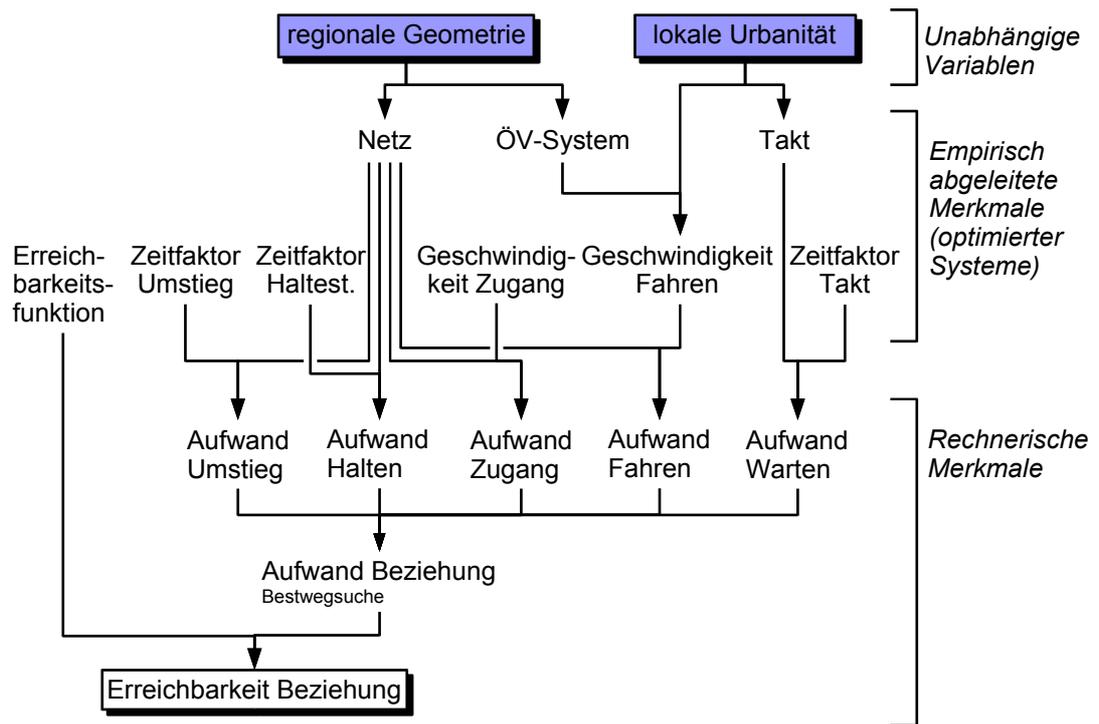


Abb. 22 Erreichbarkeitsmodell im Öffentlichen Verkehr

Zu einem besseren Verständnis der Funktionsweise und Wirkung des ÖV-Modells, werden nun noch Aufwand und Erreichbarkeit von Beispielfahrten berechnet. Die Unterschiede zwischen den Beispielen zeigen, wie empfindlich ÖV-Modell bzw. Gesamtaufwand auf Variationen der Teilaufwände reagieren. Die Fahrstrecke beträgt einheitlich 10 km. Alle anderen Eingangsgrößen werden nach Qualitätsstufe unterschieden. Die Siedlungsstruktur spielt dabei über ihre Tragfähigkeit für kurze Taktzeiten und Zugangswege indirekt eine maßgebliche Rolle: hohe Qualitäten korrelieren mit urbanen, mittlere mit semiurbanen und geringe mit suburbanen Siedlungstypen. Daher wird mit abnehmender Qualität auch der Innerortsanteil der Fahrstrecken und die Anzahl an Haltestellen erhöht, um dem Flächeneffekt der Siedlungsdichte Rechnung zu tragen.

Tabelle 25 zeigt, welcher Aufwand sich für diese Beispiele aus den Modellfestlegungen errechnet: Die Summe der Zeitäquivalente beträgt zwischen gut 30 und gut 60 Minuten. Davon kommen über 80 bis 90 % direkt als Zeitaufwand im engeren Sinne beim Nutzer an (d. h. unter Ausklammerung der Fahr- und Haltekosten). Im MIV liegt der Nutzeranteil bei unter 50 %; Das Modell geht also von erheblichen Unterschieden zwischen MIV und ÖV in der Wahrnehmung und Kalkulation des Aufwands durch die Nutzer aus, was aber für die Wahlmöglichkeiten-Berechnung nicht relevant ist (vgl. Kap. 4.3.1.1).

	hohe Qualität	mittlere Qualität	geringe Qualität
Takt	7,5	15-30	30-60
Aufwand Warten	3,5 Min	8 - 13 => 10,5 Min	13 - 23 => 18 Min
Strecken	5 km urban 5 km außerorts	7 km semiurban 3 km außerorts	10 km suburban
Aufwand Fahren	18,5 Min	18,4 Min	17,6 Min
Haltestellen	5	7	10
Aufwand Halten	3,3 Min	4,7 Min	6,7 Min
Umsteigen	0	1	2
Aufwand Umstieg	0 Min	4 Min	8 Min
Zu-/Abgang	400 m	600 m	800 m
Aufwand Zu-/Abgang	6 Min	9 Min	12 Min
Summe Aufwand	31 Min	47 Min	62 Min
Erreichbarkeit (s. Abb. 15)	0,34	0,09	0,01

Tab. 25 Beispielfahrten im öffentlichen Verkehr

Die Unterschiede zwischen den Beispielfahrten zeigen, wie empfindlich das Modell auf die für den ÖV wichtigsten Variablen reagiert. Bei geringer Qualität ist die Fahrt mit einer zusätzlichen halben Stunde doppelt so aufwändig wie bei hoher Qualität, wobei die Hälfte der Differenz durch den taktbedingten Zeitverlust verursacht wird. Die Relationen verstärken sich durch Umrechnung der Aufwandswerte in Erreichbarkeit nochmals (s. Erreichbarkeitsfunktion in Abb. 15 von Kap. 4.3.1.4). Das hier entworfene ÖV-Modell erkennt nach 10 km Fahrt nur noch dem sehr hochwertigen ÖV spürbare Qualitäten zu. Dass Ziele in dieser Entfernung bereits auf ein Drittel und in nicht ÖV-affinen Verhältnissen bis unter die Relevanzgrenze abgewertet werden, ist in dieser Untersuchung nicht ÖV-spezifisch, sondern gilt genauso für den MIV (s. Tabelle 18 in Kapitel 4.3.3.3). Ursache ist nicht zuletzt der relativ steile Verlauf der hier verwendeten Erreichbarkeitsfunktion. Dieser Verlauf ist methodisch notwendig, damit das Ergebnis nicht durch die eng gezogene Abgrenzung des Verflechtungsraums verfälscht wird (vgl. Kap. 4.3.1.4).

5 Szenarien und Wahlmöglichkeiten im Landkreis Lippe 2050

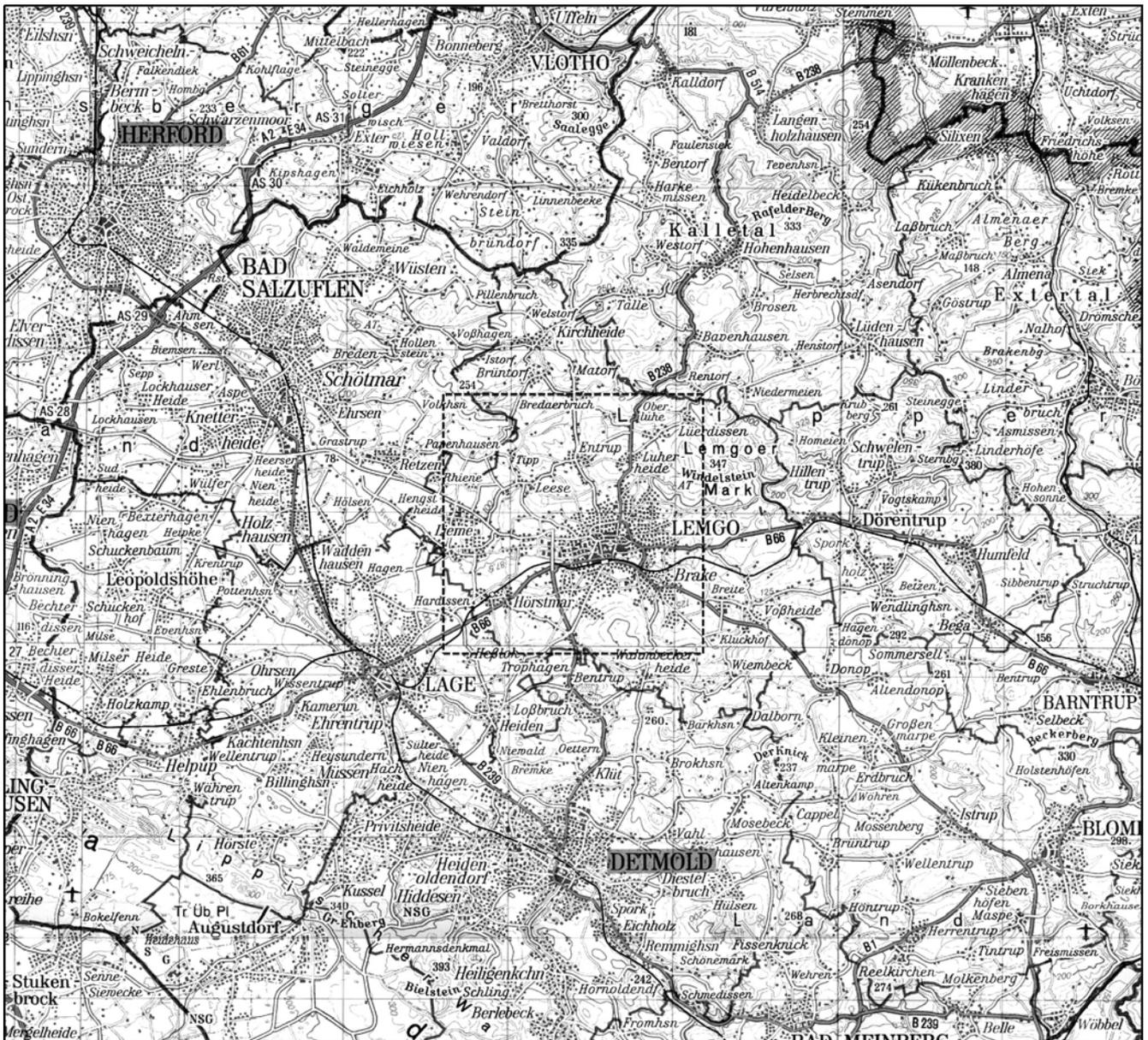
5.1 SZENARIOBILDUNG

In Kapitel 4 wurde der Rechenweg von den Ausgangsmerkmalen lokale Urbanität und regionale Geometrie zu räumlichen Wahlmöglichkeiten ausgearbeitet. Nachdem Dimension, Kategorien, Maßstäblichkeit u. a. der Ausgangsmerkmale und weiterer notwendiger Parameter bestimmt sind, können nun ihre konkreten Ausprägungen in den fünf Szenarien festgelegt werden. Zu diesem Zweck werden sie zunächst im Bestand 2000 erhoben (Kap. 5.1.1) und dann anhand szenariospezifischer Entwicklungsrichtungen und -potenziale in das Jahr 2050 fortgeschrieben (Kap. 5.1.2 bis 5.1.4).

5.1.1 Analyse Siedlung und Verkehr

5.1.1.1 Lokale Urbanität 1960 und 2000

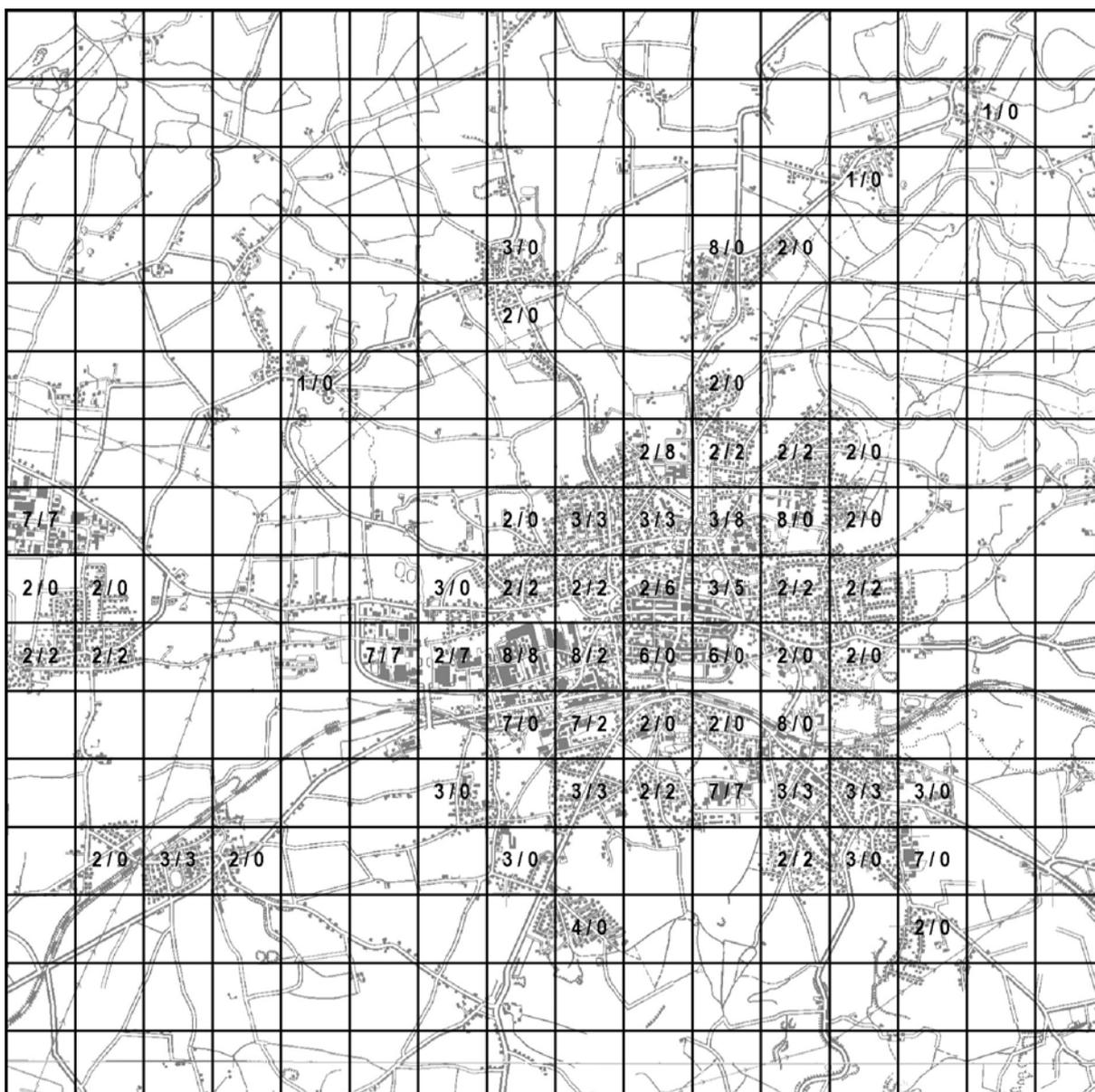
Karte 2 zeigt den gesamten Untersuchungsraum als Ausschnitt der Topographischen Karte 1:150.000.



verkleinert auf 1:200.000
 0 1 2 5 8km
 Kasten gestrichelt: engerer Untersuchungsraum "Lemgo"
 außerhalb: kragenförmiger Verflechtungsraum "Landkreis Lippe"

Karte 2 Untersuchungsraum

Der gesamte Untersuchungsraum umfasst im 500 x 500 m-Gitter (s. Kap. 4.2.1.2) 4.500 Zellen, von denen im Jahr 2000 gut zehn Prozent besiedelt waren. Die Siedlungstypen-Analyse gemäß Kapitel 4.2.2.1, Abbildung 9, wurde durch drei verschiedene Bearbeiter durchgeführt; Die Analyse-Ergebnisse wiesen ein sehr hohes Maß an Übereinstimmung auf. Karte 3 zeigt für den engeren Untersuchungsraum "Lemgo" die Zuordnung der Zellen zu den Siedlungstypen aus Abbildung 9 bzw. unten stehender Tabelle 26.



M: 1:50.000

Ziffer = Siedlungstyp Halbzelle (vgl. Abb. 9 und Messregeln in Kap. 4.2.2.1)

Karte 3 Siedlungsanalyse anhand der TK50-Siedlungstypen (Ausschnitt Lemgo)

Die Karte 4 zeigt für den westlichen Teil des Untersuchungsraums die Verteilung lokaler Urbanität in den Jahren 2000 und 1960. Tabelle 26 präsentiert die prozentualen Anteile der Siedlungstypen an der Summe von Einwohnern und Arbeitsplätzen in den beiden Untersuchungsjahren. Der Untersuchungsraum ist ein Beispiel für stark mittel- bis kleinstädtisch geprägte Siedlungsräume mit geringer bzw. später Industrialisierung und geringem gründerzeitlichen Siedlungswachstum. Die Siedlungstypen Blockrand (5 und 6) beschränken sich daher weitgehend auf die mittelalterlichen Stadtkerne. Da sie auch zwischen 1960 und 2000 absolut nicht mehr gewachsen sind, sank ihr Anteil von 25 % auf 10 % der Einwohner und Arbeitsplätze. Auch klassischer Nachkriegsstädtebau fand im Untersuchungsraum kaum statt, ablesbar an dem geringen und zwischen 1960 und 2000 unveränderten Anteil des Typs Zeile (4).

Der mit Abstand größte Anteil entfällt auf die suburbanen Siedlungstypen 1, 2 und 7: im Jahr 1960 bereits 50 % und im Jahr 2000 knapp 60% der Einwohner und Arbeitsplätze.

Siedlungstypen Analyse	Anteil Einwohner-Arbeitsplätze (in %)			Siedlungstypen Planung
	1960	2000		
6) Block dicht	11	4	10	urban
5) Block	14	6		
4) Zeile	3	3	30	semiurban
8) Halle dicht	1	4		
3) Mix	21	23		
2) Einzel	39	44	60	suburban
7) Halle locker	5	13		
1) Einzel locker	6	3		
	100	100	100	

Raumbezug siehe Karte 4; Die Kontrollrechnung für den gesamten Untersuchungsraum ergab vernachlässigbare Abweichungen von +/- 1 Prozent.

Tab. 26 Anteile Einwohner-Arbeitsplätze nach Siedlungstypen 1960 und 2000

Ein Vergleich der aus den Siedlungstypen der TK50 ermittelten Einwohner-Arbeitsplatz-Zahlen mit der amtlichen Statistik zeigt am Beispiel der Stadtgebiete von Lemgo und Detmold mit einem Fehler von maximal +/- 5% eine erfreulich hohe Genauigkeit des Siedlungsmodells (s. Tabelle 27).

Vergleichsfälle		Analysewerte Siedlungstyp ¹⁾		Kontrollwerte Gemeindedaten ²⁾	
		EW + Beschäftigte nach Def. Volkszählung '87	Fehler	korrigiert ³⁾ (+ sonst. Besch.)	EW + soz.-vers.- pflichtig Besch.
Lemgo	1963	55.000	+ 2 %	54.000	48.000
	2000	71.000	+ 3 %	69.000	65.000
Detmold	1963	93.000	+ 4 %	89.000	81.000
	2000	117.000	- 5 %	123.000	116.000

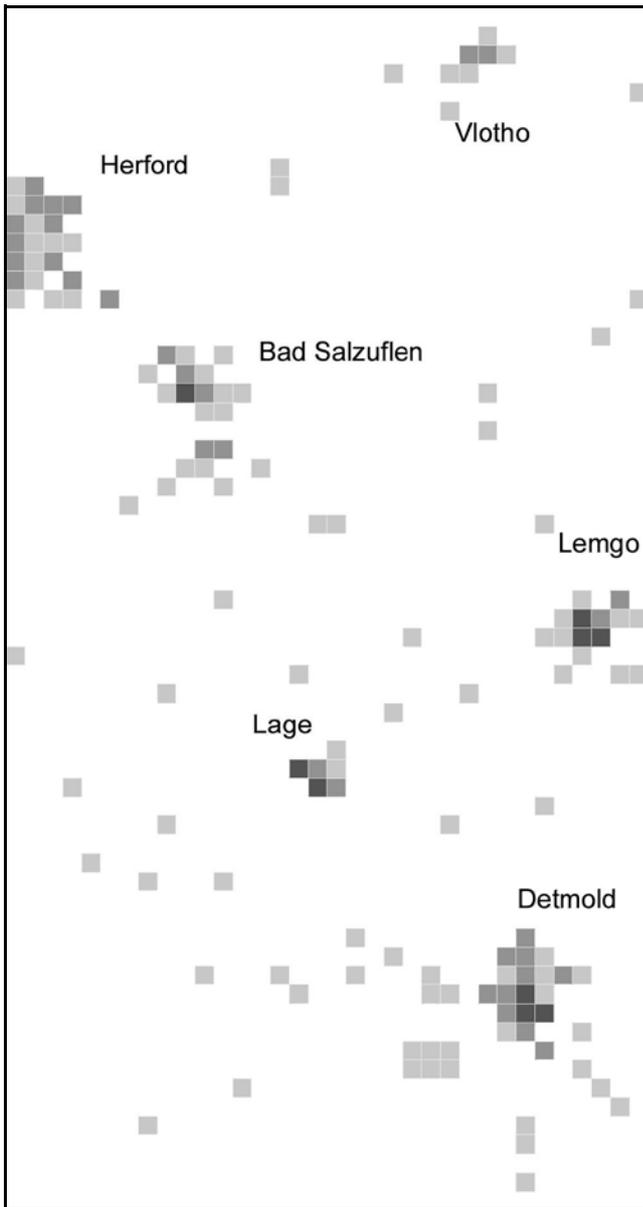
1) Analysewerte: Summe aller Verkehrszellen im Gemeindegebiet; um 2 % erhöht, um Fehler durch Nichtbeachtung von Kleinstsiedlungen (< 10 ha) zu korrigieren.

2) Quelle Gemeindedaten: www.lemgo.de, www.detmold.de unter Berücksichtigung etwaiger Veränderungen der Stadtgebiete zwischen 1960 und 2000.

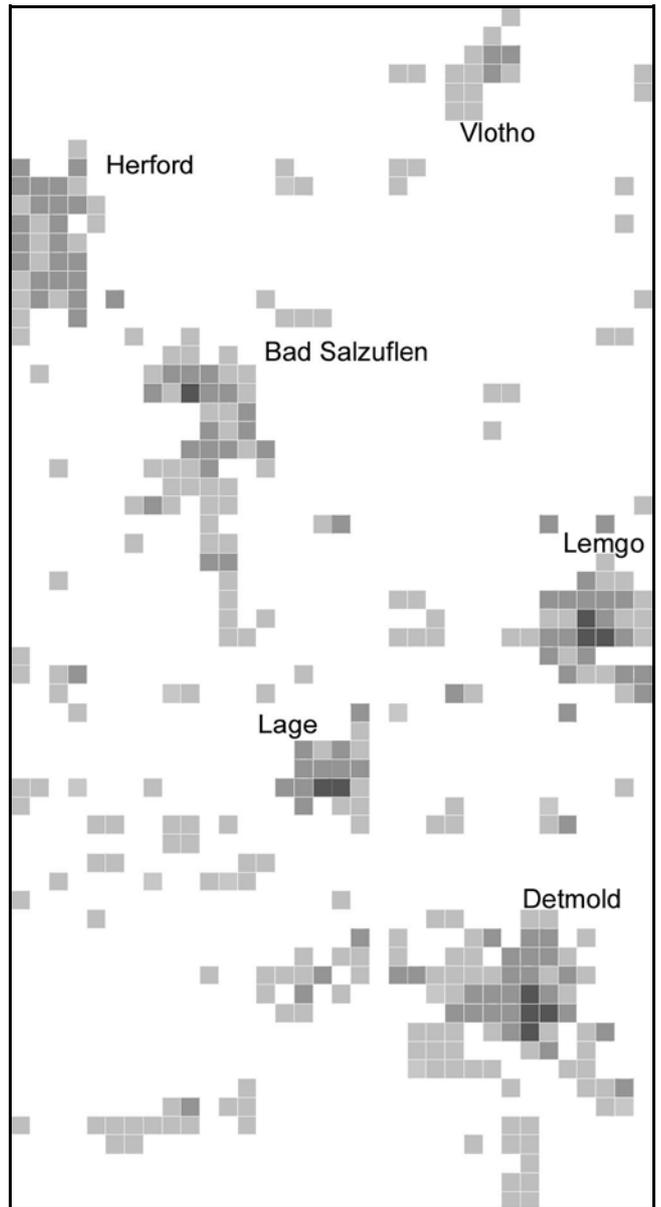
3) Korrektur der Gemeindedaten „Beschäftigte“ durch Addition nicht sozialversicherungspflichtig Beschäftigter (Selbständige, Beamte, mithelfende Familienangehörige); 1961: + 37 %, 2000: + 21 % (Anteile BRD; errechnet aus: Statistische Jahrbücher BRD 1965, S.155, und 2001, S. 106).

Tab. 27 Kontrolle der Siedlungstypenanalyse anhand von Gemeindedaten

Karte 4 Siedlungsstrukturanalyse 1960 und 2000 (Ausschnitt)



Siedlungsstruktur 1960

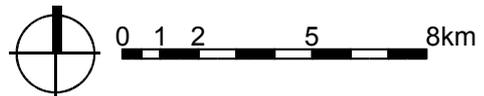


Siedlungsstruktur 2000

Lokale Urbanität

- urban
- semiurban
- suburban

= Dichte, Nutzungsmischung und Öffentlichkeit im 500m-Gitter



5.1.1.2 Verkehrsnetze 2000

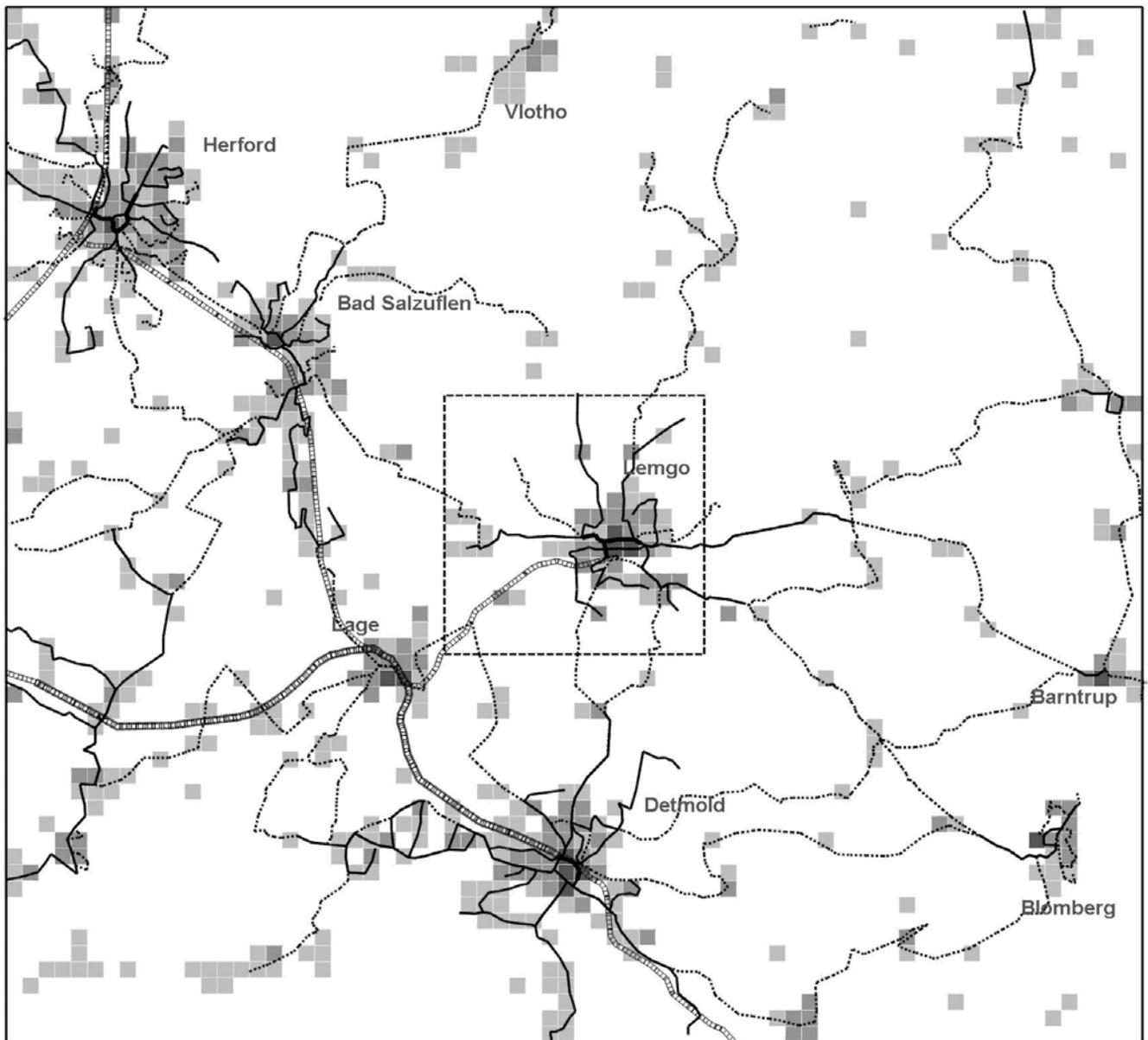
Karte 5 zeigt die **ÖV-Angebote** im Untersuchungsraum im Jahr 2000 (eigene Fahrplanauswertung). Deutlich wird die extrem sternförmige Ausrichtung der Nahverkehrslinien auf die Zentren der Mittelstädte. Hohe Qualitäten (7,5-Minuten-Takt) beschränken sich auf kurze Linienbündel innerhalb der Innenstädte. Mittlere Qualitäten (15-30-Minuten-Takt) werden auf den relativ kurzen Radialen zwischen Innenstadt und Stadtrand angeboten. Quer dazu und außerhalb wird höchstens ein Stundentakt erreicht. Noch schlechtere Qualitäten werden hier weder graphisch dargestellt noch rechnerisch berücksichtigt (s. Kapitel 4.3.4.1).

Auf den Linien des Regionalverkehrs wird in der Regel ein Stundentakt angeboten, der sich abschnittsweise zu einem Halbstundentakt addiert.

Die in der Karte dargestellten Linien summieren sich in einer Stunde der Hauptverkehrszeit im Untersuchungsraum auf ca. 2050 Kurskilometer; davon entfallen ca. 1950 Kurs-km auf den Nahverkehr, der ausschließlich mit Bussen, und ca. 100 Kurs-km auf den Regionalverkehr, der ausschließlich als Schienenverkehr betrieben wird.

Das Straßennetz weist im gesamten Untersuchungsraum eine hohe Dichte auf. Die bestehenden Schnellstraßen sind in Karte 2 grob an Linienführung und Knotenform erkennbar. Ihre Gesamtlänge beträgt ca. 60 km.

Karte 5 ÖV-Netze „Lippekreis“ 2000



Lokale Urbanität

- urban
- semiurban
- suburban

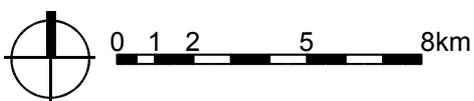
= Dichte, Nutzungsmischung und Öffentlichkeit im 500m-Gitter

ÖV Nahverkehr

- 7,5-Minuten-Takt
- 15-/ 30-Minuten-Takt
- ⋯ 60-Minuten-Takt

ÖV Regionalverkehr

- ▤ 15-/ 30-Minuten-Takt
- ▤ 60-Minuten-Takt



5.1.2 Entwicklung Siedlungsstruktur

Die beschriebene Ausgangssituation im Untersuchungsraum ist im Folgenden in das Jahr 2050 zu übertragen. Die in diesem Zeitraum zu simulierende Siedlungsentwicklung ist in ihrer Richtung durch die Leitbilder von Kapitel 3 vorgegeben. Die konkrete räumliche Verteilung der Siedlungstypen und Gelegenheitencluster wird in Kapitel 5.1.4 in Abstimmung mit den Verkehrsnetzen entworfen. Vorher noch zu bestimmen ist das Veränderungspotential der Siedlungstypen. Für die Simulation von Siedlungsstrukturen ist die Frage zu beantworten, in welchem Umfang bis 2050 ein Siedlungsstrukturwandel im Sinne der Leitbilder eintreten kann, d. h. wie stark sich die Gewichte zwischen den Siedlungstypen verschieben können.

Treibende Kraft eines Siedlungsstrukturwandels sind die nachfrageseitigen Präferenzen für bestimmte Standorte und Siedlungstypen. Szenarien im Sinne der Leitbilder von Kapitel 3 sind nur mit erheblichen Verschiebungen in der Attraktivität von Standorten und Siedlungstypen denkbar. Die nachfrageseitigen Veränderungen setzen politische Reformen insbesondere der Preisbildung in Verkehr und Siedlung voraus. In Kapitel 6.5 werden Beispiele genannt.

Die Siedlungsanalyse im Kapitel 5.1.1.1 ergab, dass der suburbane Siedlungstyp im Bestand mit knapp 60 % der Summe von Einwohnern und Arbeitsplätzen vorherrscht. Im Rahmen realistischer Veränderungspotentiale kann daher zwar das Autoland signifikant ausgeprägt werden nicht jedoch sein Vergleichsszenario Kompakte Stadt (in Hypothese I in Kap. 3.4.1), das eine überwiegend urbane Siedlungsstruktur voraussetzt. Das Szenario Kompakte Stadt (und sein Vergleichsszenario in Hypothese II: Städtenetz) wird daher unabhängig von dem bis 2050 realistischen Veränderungspotential entworfen; seine Qualitäten werden wie im Autoland voll ausgebildet. Für die anderen Szenarien Autoland, Nivellierung und Differenzierung werden aus folgenden Überlegungen zu Wachstum und Umbau von Siedlungsstruktur Veränderungspotenziale abgeleitet.

5.1.2.1 Wachstumspotenzial

Die Zunahme an Geschossfläche kann im Betrachtungszeitraum voraussichtlich nur noch wenig zum Wandel der Siedlungsstruktur beitragen. Für die Periode 2000 bis 2050 ist im Verflechtungsraum ein leichtes Minus an Einwohnern und Arbeitsplätzen wahrscheinlich (gegenüber einem Wachstum von ca. 30 % zwischen 1960 und 2000)¹²⁸. Weiterhin zunehmen wird die spezifische Wohn- bzw. Geschossfläche pro Einwohner oder Arbeitsplatz, jedoch mit wesentlich geringeren Zuwachsraten als in der Vergangenheit von ca. einem Drittel zwischen 2000 und 2050 (gegenüber zwei Dritteln zwischen 1960 und 2000; s. Tab. 6 in Kap. 4.2.2.5). Das Wachstum an Geschossfläche im Verflechtungsraum wird somit im Saldo beider

128 Die BBR-Bevölkerungsprognose 1999-2020 für den Kreis Lippe geht von einem Einwohnerrückgang um 2,2 % aus (INKAR-PRO); bei linearer Fortschreibung und proportionalem Rückgang der Arbeitsplätze kann grob ein Minus von 5 % angenommen werden.

Effekte in allen Szenarien mit ca. 25 % beziffert (gegenüber gut 100 % zwischen 1960 und 2000).

5.1.2.2 Umbaupotenzial

Als „Umbau“ von Siedlungsstruktur wird hier der Ersatz alter Gebäude¹²⁹ an gleicher oder neuer Stelle bezeichnet, sofern der Neubau in einem anderen Siedlungstyp erfolgt. Eine Abschätzung des Veränderungspotentials durch Umbau ist schwierig. Obwohl der bauliche Siedlungsbestand das grösste physische und wirtschaftliche Kapital einer Gesellschaft bildet, ist die Dynamik seiner Veränderung und insbesondere der Einfluss veränderter Rahmenbedingungen wenig bekannt (vgl. Kohler u.a. 1998). Es erscheint an dieser Stelle daher kaum möglich, mit vertretbarem Aufwand schlüssig Umbaupotenziale szenariospezifischer Siedlungsentwicklung herzuleiten. Für die hier geforderte geringe Prognosegenauigkeit von 50 +/- 20 Jahren mögen folgende allgemeine Überlegungen genügen:

- Das Veränderungspotenzial wird in erster Linie durch den wirtschaftlichen Wert der Gebäude begrenzt. Nutzungsaufgabe, Abriss oder erhebliche Veränderung führen vor dem Ablauf der wirtschaftlichen Mindestnutzungsdauer zu einer unerwünschten Wertevernichtung. Mittlere wirtschaftliche Gesamtnutzungsdauern werden von Kröll (2004) sowie Linke (o.J.) für Wohn-, Geschäfts- und Gewerbegebäude in Massiv-, Holz- oder Tafelbauweise mit 50-80 Jahren und für Gewerbegebäude in Leichtbauweise mit 10-40 Jahren angegeben. Daraus wird auf Mindestnutzungsdauern von 30 bis 50 Jahren im ersten Fall und ca. 10 Jahren im zweiten Fall geschlossen¹³⁰.
- Wichtigste Determinante der tatsächlichen Gesamtnutzungsdauer von Gebäuden ist die **Rentabilität von Maßnahmen der Instandhaltung**. Diese wiederum unterliegt dem Einfluss von veränderten Nutzungsanforderungen und Attraktivitätsverschiebungen zwischen Standorten und Siedlungstypen bzw. Gebäuden. Starke Attraktivitätsverschiebungen, wie sie für die urbanen Umweltverbund-orientierten Leitbilder charakteristisch sind, und die dafür notwendigen politischen und planerischen Rahmenbedingungen, reduzieren die Rentabilität von Instandhaltungsmaßnahmen in den dann abgewerteten suburbanen Siedlungstypen und damit auch die tatsächliche Gesamtnutzungsdauer.
- Aus Erschließung und Parzellierung ergeben sich **gegenseitige Abhängigkeiten zwischen den Gebäuden und Parzellen**, die das Veränderungspotenzial verringern. Diese Abhängigkeiten werden in der Fachwelt häufig als stark einschränkend für eine (Re-)Urbanisierung eingeschätzt. Eine oberflächliche Betrachtung auf der Basis der heute vorherrschenden Siedlungstypen aus Abbildung 9 in Kapi-

129 Als maßgeblich für das Umbaupotential werden hier die Gebäude behandelt. Erstens werden Veränderungen im Siedlungstyp, d. h. in Dichte, Mischung Öffentlichkeit immer und in erster Linie über Gebäude erfolgen (Höhe, Stellung, Orientierung, Abstand...). Andere Merkmale wie Parzellierung und Erschließungssystem sind erst sekundär relevant, sofern sie die Freiheitsgrade auf Gebäudeebene einschränken (s. unten). Zweitens stellen Abschreibungen bzw. Kapazitäten von Erschließungsanlagen gegenüber den Gebäuden einen eher geringen Wert dar, der drittens in ähnlichen Verschleiß- und Abschreibungszeiten altert. Als Maßeinheit für die „Menge an Gebäuden“ werden im Folgenden Quadratmeter Geschossfläche verwendet.

130 Im Unterschied zur Mindest- kann natürlich die reale Nutzungsdauer durch Maßnahmen der Instandhaltung erheblich verlängert werden. Aber auch dieser Aufwand erreicht im Durchschnitt in ähnlichen Zeiträumen das Niveau eines Neubaus, ein Erfahrungswert, der auch der steuerlichen Abschreibung von 2 % pro Jahr (seit 1.3.2003) zugrunde liegt.

tel 4.2.2.1 lässt jedoch durchaus Spielräume vermuten¹³¹. Sollte die Zukunft neue bauliche Typen hervorbringen, wird das diese Spielräume eher noch vergrößern. Dennoch wird auch hier angenommen, dass von Erschließung und Parzellierung erhebliche Restriktionen des Umbaupotenzials ausgehen. Zu den notwendigen politisch-planerischen Rahmenbedingungen gehören daher auch Instrumente, die die Instandhaltungsmaßnahmen innerhalb eines Quartiers koordinieren und Werteverluste der zuletzt und gutgläubig in Stand gesetzten Gebäude ausgleichen¹³².

Neben den bislang betrachteten ökonomisch-technischen Aspekten werden Veränderungspotenziale in der Siedlungsstruktur auch unter sozialen, mentalen und emotionalen Aspekten diskutiert. In den Augen des Verfassers ist die bundesdeutsche Debatte dabei von einem auffallend starken Kontinuitätsstreben geprägt. Insofern Vorbehalte gegen Veränderungen mit (wachsenden?) Bedürfnissen nach Heimat, Ortstypik und räumlicher Identität begründet werden, erscheint sie jedenfalls im Hinblick auf die Reurbanisierungs-Leitbilder nicht stichhaltig. Der geringe Anteil sehr alter städtischer oder dörflicher Siedlungsstrukturen, auf den solche Bedürfnisse in der Regel fokussieren, sind in jeder denkbaren Zukunft quantitativ eine Restgröße, die geschützt werden kann. Die in Kapitel 2.6.2 eingeführten und in Kapitel 4.2.2 operationalisierten Siedlungstypen urban, semiurban, suburban lassen städtebaulich viele Möglichkeiten offen und bleiben architektonisch neutral. Im Neubau lassen sich regionale oder örtliche architektonische Besonderheiten von Materialien und Konstruktionen an Straße und Gebäude (Fenster, Dachneigung, Straßenbelag etc.) in allen Siedlungstypen realisieren. Gerade urbane Szenarien mit geringem Siedlungsflächenanspruch können Stadtgrundriss, Ortsgrößen und Landschaftsbild am ehesten bewahren.

Auch die Bereitschaft zum Wechsel des Wohnorts ist begrenzt und (mentale, emotionale und soziale) Ursache von Persistenzen. Stärkere Umverteilungen der Siedlungsstruktur zwischen Ortsteilen unterstellen vor allem die von der Potentialabschätzung ausgenommenen Szenarien Städtisches Netz und Kompakte Stadt (siehe eingangs Kap. 5.1.2). Aber auch das Szenario Differenzierung geht zur Bildung regionaler Siedlungsnetze von innerregionalen Wanderungsgewinnen an den ÖV-Haltepunkten aus.

131 Für eine Reurbanisierung ist dabei insbesondere die Umwandlung der Typen Einzel, Einzel locker und Mix in Blockrand oder Blockrand dicht relevant (betrifft die Szenarien Kompakte Stadt, Städtisches Netz und Differenzierung). Alle genannten Siedlungstypen kennzeichnet ein integriertes Erschließungssystem „Straße“ mit einer klaren Unterscheidung von Privatgrundstücken als Bauland und öffentlichen Straßengrundstücken als Erschließungsträger. Sowohl die Maschenweiten des Erschließungssystems als auch die Straßenraumbreiten und Parzellengrößen weisen ähnliche Bandbreiten auf. Selbst im Fall extrem kleiner Grundstücks- bzw. Straßenraumbreiten von fünf bzw. acht Metern lässt sich eine Blockrandbebauung (mit Vorgärten) etwa nach Art der Bremer Reihe realisieren. Eine Transformation der genannten Typen auf gleicher Fläche durch gebäudebezogene Einzelmaßnahmen erscheint möglich.

132 Damit sind die allgemeinen Fragen wirksamer Steuerungsinstrumente für Phasen und Teilräume mit stagnierenden oder schrumpfenden Siedlungsflächen angesprochen (wenn also die Verteilung von Wachstum für eine zielgerichtete Entwicklung nicht mehr ausreicht). Lediglich das Maß der Schrumpfung der Siedlungsfläche ist bei konsequent verfolgter Reurbanisierung wesentlich stärker. Neben den Fragen der Koordination und des Ausgleichs sind Kriterien und Bewertungsverfahren für die Festlegung von Schrumpfungsbzw. Umbaugebieten, für mögliche Nachfolgenutzungen und für die Finanzierung von Renaturierungen etc. zu klären. Diese Fragen werden seit gut zehn Jahren vor allem angesichts massiver Abwanderung vor allem aus ostdeutschen Städten und Regionen fachlich diskutiert.

Dies sind alles, wie schon erwähnt, keine ausreichenden Befunde für eine Quantifizierung des siedlungsstrukturellen Veränderungspotenzials in den Szenarien. Dennoch ist für die Szenariobildung eine entsprechende Quantifizierung notwendig. Sie wird daher hilfswise und vorläufig wie in Tabelle 28 gezeigt vorgenommen. Dabei wurde unterstellt, dass in den Szenarien Autoland, Nivellierung und Differenzierung

- a) jeder Siedlungstyp maximal 50 % des baulichen Bestands verlieren und
- b) der Verlust über alle Siedlungstypen maximal 40 % des baulichen Bestands betragen kann (siehe Tabelle 29).

Siedlungstyp	Bestand 2000	Komp. Stadt & Städtetz	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
urban	10	70	5	10	45
semiurban	30	10	15	60	15
suburban	60	20	80	30	40

Tab. 28 Siedlungstypenanteile der Szenarien (Einwohner-Arbeitsplätze in %)

Siedlungstyp	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
urban ¹⁾	50 %	0 %	0 %
semiurban ¹⁾	50 %	0 %	50 %
suburban ¹⁾	0 %	50 %	33 %
alle ²⁾	20 %	30 %	35 %

1) Die Prozente beziehen sich auf den Bestand des jeweiligen Siedlungstyps

2) Die Prozente beziehen sich auf den Gesamtbestand

Tab. 29 Anteil um-/rückzubauenden Gebäudebestands (Einwohner-Arbeitsplätze in %)

5.1.2.3 Gelegenheitencluster

Lage und Maß von Konzentrationen publikumsintensiver Einrichtungen werden im Zeithorizont 2050 als vollständig variabel betrachtet, aufgrund relativ kurzer Abschreibungszeiträume und hoher Durchsetzungskraft in der Nutzungskonkurrenz. Der Gelegenheitenanteil solcher Cluster wurde in Tabelle 10 (Kapitel 4.2.3.3) szenariospezifisch mit 10 bis 20 % veranschlagt. Diese 10 bis 20 % aller Gelegenheiten (bzw. 22 bis 44 % bezogen auf Einwohner-Arbeitsplätze) ergeben bei 615.000 Einwohner-Arbeitsplätzen im Untersuchungsraum 135.000 bis 270.000 Einwohner-

Arbeitsplatz-Äquivalente der Gelegenheitencluster. Ihre räumliche Verteilung erfolgt ebenfalls szenariospezifisch nach relativer Lagegunst (vgl. Kap. 4.2.3.1). Dazu werden sie in Einheiten à 15.000 EA-Äquivalenten aufgeteilt¹³³. Die untere Zeile von Tabelle 30 gibt die Anzahl solcher Einheiten pro Szenario an.

	Kompakte Stadt	Städtenetz	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
Gelegenheiten-Anteil	13 %	10 %	20 %	17 %	10 / 20 %
Anzahl Cluster	12	9	18	16	5 / 9

Tab. 30 Anzahl Clustereinheiten

5.1.3 Entwicklung Verkehrsangebote und -nachfrage

Die Verkehrsangebote werden im Zeithorizont als voll elastisch angesehen. Bis ca. 2050 sind ein Großteil der heute vorhandenen Infrastrukturelemente abgeschrieben und am Ende ihrer technischen Lebensdauer angelangt. Bereits verausgabte Kosten („sunk costs“) spielen im Szenariohorizont daher keine entscheidende Rolle, sämtliche Infrastrukturen werden als durch die szenariospezifischen Systementscheidungen voll beeinflussbar behandelt. Da zudem die Auslastung und die spezifischen Kosten der Angebote konstant gehalten werden (s. Kapitel 4.3.1), können die Angebote 1:1 nach den im jeweiligen Verkehrsmittel nachgefragten Personenkilometern bemessen werden.

Unterschiede in der **Verkehrsnachfrage** werden hier ausschließlich aus den szenariospezifischen Wegeanteilen der Verkehrsmittel abgeleitet. Die mittleren Wegelängen in einem Verkehrsmittel werden konstant gehalten; sie haben sich auch in der Vergangenheit kaum verändert. Insgesamt zunehmende Wegelängen bildeten sich fast vollständig in der Modal-Split-Verschiebung von langsamen auf schnellere Verkehrsmittel ab¹³⁴.

133 Diese Mindestgröße orientiert sich ausdrücklich nicht an Überlegungen zu angebotsseitigen Schwellenwerten bzw. Größenvorteilen wie sie etwa den Zielvorgaben der Landes-Raumordnungsprogramme zugrunde liegen und von den Empfehlungen des ARL-Arbeitskreises „Zentrale Orte“ bestätigt wurden (Blotevogel u. a. 2002, S.298). Solche Größenstandards sind aufgrund der vielfachen Überlagerung spezifischer Belange unterschiedlicher Einrichtungen und Angebote nach Ansicht des Verfassers fragwürdig. Auch Blotevogel u.a. stellen fest, dass die Festlegung von Bevölkerungsrichtwerten eine wissenschaftlich kaum haltbare räumliche Fixierung der Verflechtungsbereiche voraus setzt. Sie halten angesichts der politischen Relevanz von Zentrale-Orte-Ausweisungen Orientierungswerte dennoch für sinnvoll, um einer Inflation zentraler Orte zu begegnen. Die hier gewählte Größeneinheit entspricht den üblicherweise und in den genannten Quellen angenommenen Tragfähigkeits-Schwellen für "Mittelzentren" von ca. 30.000 Einwohnern oder, umgerechnet in die hier verwendete Bezugsgröße, von ca. 40.000 Einwohner-Arbeitsplätzen (22-44% = 9.000 bis 18.000 Einwohner-Arbeitsplatz-Äquivalente).

Die in Tabelle 31 wiedergegebenen Modal-Split-Setzungen orientieren sich an Extremwerten empirischer Untersuchungen¹³⁵. In den Fuß- und Radverkehrsanteilen drückt sich in erster Linie das unterschiedliche Maß an Nahorientierung aus. Es schwankt zwischen 50 % in Kompakter Stadt und 20 % im Autoland. Der MIV wird mit einem Mindestanteil von 25 %, der ÖV mit 5 % veranschlagt. Im Vergleich von Kompakter Stadt und Städtenetz geht die stärkere Nahorientierung in der Kompakten Stadt zu Lasten des ÖV. Im Szenario Nivellierung liegen die Verkehrsmittel-Anteile relativ mittig zwischen den Szenario-Polen Urbanisierung und Autoland.

	Bestand ¹⁾	Komp. Stadt (urban)	Städtenetz (urban)	Autoland (suburban)	Nivellierung (semiurban)	Differenzierung (urban)
Fuß	15	25	20	10	15	20
Rad	10	25	15	10	20	15
ÖV	10	25	40	5	15	40
MIV	65	25	25	75	50	25
Alle	100	100	100	100	100	100

1) Die Bestandswerte sind die gerundeten Ergebnisse einer Erhebung der Universität Paderborn per Wegetagebuch in Lemgo (nur Wege von Personen älter als 6 Jahre). Zur Übertragung der Ergebnisse auf den gesamten Untersuchungsraum mit im Mittel schwächerer Nah- und stärkerer Autoorientierung wurde der Anteil des Radverkehrs leicht vermindert und der Anteil des Autoverkehrs entsprechend erhöht.

Tab. 31 Modal-Split in den maßgeblichen Siedlungstypen der Szenarien (Wege in %)

Für die **Verkehrsangebote** im Fußgänger- und Radverkehr sind diese Modal-Split-Setzungen nicht relevant, da die Infrastrukturkosten aufgrund Geringfügigkeit nicht im Modell berücksichtigt wurden. Es werden keine szenariospezifischen Fuß- und Radverkehrsnetze bemessen und entworfen, sondern pauschal über Luftlinienentfernungen und Umwegfaktor simuliert.

Im motorisierten Individualverkehr erzwingt die Modellvorgabe konstanter Infrastrukturauslastungen (für konstante streckenspezifische Kosten, Wartezeiten und Stauwahrscheinlichkeiten, s. Kap. 4.3.1.5), dass das Verkehrsangebot in den Szenarien mit der Nachfrage wachsen oder schrumpfen muss¹³⁶. Jedoch reagiert bei der heutigen Netzdichte der mittlere Umwegfaktor erst auf massiven Straßenaus- oder -rückbau. Das für die Kürzest-Weg-Suche konstruierte Straßennetz kann daher aus Gründen der Modellvereinfachung in Bestand und Szenarien weitgehend unverändert bleiben. Nur in der Kategorie der Schnellstraßen können sich höhere Netzdichten noch spürbar auf die Erreichbarkeiten im MIV auswirken. Daher schlägt sich die höhere Nachfrage in den Szenarien Autoland, Nivellierung und Differenzierung in zu-

134 Einer leichten Abnahme der Fußwegdistanzen stehen ebenso leichte Zunahmen der Distanzen motorisierter Wege gegenüber: im ÖV von 8 km 1965 auf 9 km im Jahr 2000, im MIV von 14 km 1965 auf 15 km im Jahr 2000 ("Verkehr in Zahlen", div. Jahrgänge).

135 Brög/ Erl 1993, Newman/Kenworthy 1989 und 1999 und Haag 2003

136 Dies ist gleichzeitig ein realistisches Abbild der empirisch bestätigten Wirkung von Kapazitätserweiterung in ausgelasteten Netzen: Stau und Geschwindigkeiten bleiben mittelfristig konstant, bei wachsenden Fahrleistungen im MIV.

sätzlichen Schnellstraßen nieder. Da Anhaltspunkte für eine Berechnung aus dem Modal-Split fehlen, wird die im Bestand relativ geringe Schnellstraßenlänge von ca. 60 Trassen-km im Szenario Autoland pauschal um 200 % auf ca. 180 Trassen-km und in den Szenarien Nivellierung und Differenzierung um knapp 100 % auf 115 Trassen-km erhöht.

Im öffentlichen Verkehr hängen die Angebotsqualitäten stärker von quantitativ beschreib- und berechenbaren Angebotsmerkmalen ab als in den anderen Verkehrsarten. Bedienungshäufigkeit und Linienlänge sind unmittelbar an die Anzahl Fahrzeug- bzw. Kurskilometer gebunden. Gleichzeitig muss das Verhältnis von Kurskilometer und Fahrgastzahl konstant gehalten werden, um einheitliche Kosten pro Fahrgast annehmen zu können (s. in Kapitel 4.3.1.5). Demzufolge werden die Kurskilometer in den Szenarien proportional zur Entwicklung der ÖV-Nachfrage verändert. Die Entwicklung der ÖV-Nachfrage ergibt sich aus seinem Anteil am Verkehrsaufkommen (Modal-Split-Faktor) sowie dem Einwohner-Arbeitsplatzanteil, auf den sich die Modal-Split-Setzung bezieht (s. Tabelle 32). Im Szenario Autoland sowie im autoaffinen Teil des Szenarios Differenzierung wird von einer Art bedarfsgesteuertem ÖV-Angebot (Paratransit) als sozialem Mindeststandard ausgegangen. Für diese wurde aus Gründen der geringen Relevanz weder ein Netz konstruiert noch wird eine Wahlmöglichkeiten-Berechnung vorgenommen.

	Bestand	Komp. Stadt	Städtenetz	Autoland	Nivellierung	Differenzg ¹⁾
Modal-Split-Faktor ²⁾	1	2,5	4	-	1,5	4
Siedlungsanteil (EA) ³⁾	1	0,75	0,75	-	1	0,5
relative ÖV-Nachfrage	1	1,9	3	-	1,5	2
ÖV-Angebot in Kurs-km	2.050	3.900	6.150	-	3.100	4.100

1) Für das Szenario Differenzierung werden nur die Werte für den urbanen Teil angegeben.

2) Veränderung des ÖV-Anteils am Verkehrsaufkommen gegenüber dem Bestand

3) Siedlungsstrukturanteil (% Einwohner-Arbeitsplätze) für den der genannte Modal-Split-Faktor gilt. In Komp. Stadt, Städtenetz und Differenzierung für alle urbanen und 5 Prozent der semiurbanen Einwohner-Arbeitsplätze in oder am Rand der Einzugsbereiche des Komfort-ÖV; in Autoland und Nivellierung für alle Einwohner und Arbeitsplätze.

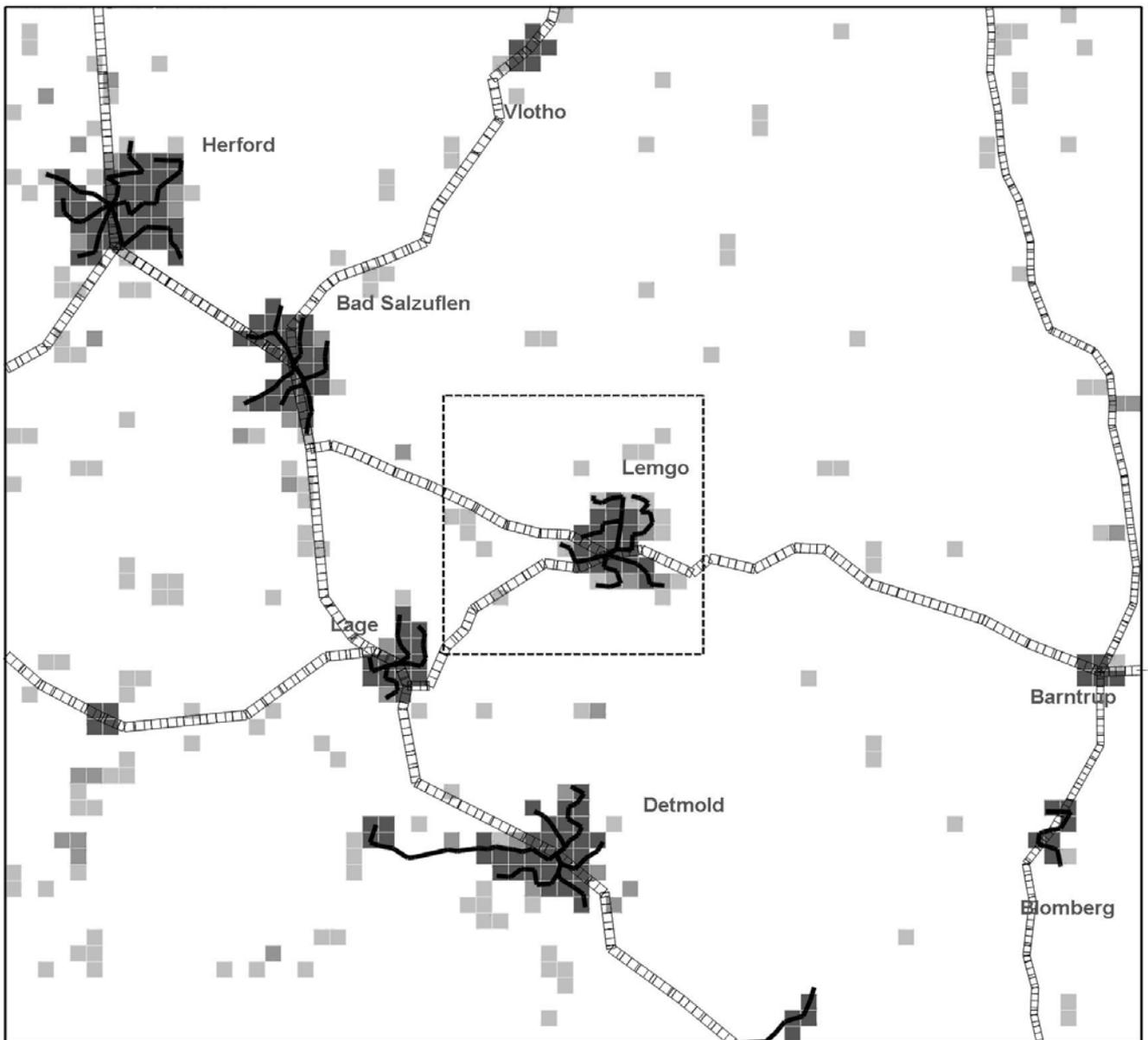
Tab. 32 Veränderung von ÖV-Nachfrage und -Angebot in den Szenarien

5.1.4 Fünf Szenarien

Die Szenariientwürfe orientieren sich vor allem an der inneren Logik der hier relevanten Aspekte von Siedlungsstruktur und Verkehr. Es wurde insbesondere auf eine szenariotypische Weiterentwicklung der vorhandenen Siedlungsstruktur und auf eine enge Abstimmung der Verkehrsnetze mit der regionalen Siedlungsgeometrie geachtet. Weitere Belange räumlicher Planung wie Topographie, Landschafts- und Naturschutz etc. wurden nicht oder nur am Rande berücksichtigt. Die Szenarien stellen keinen Planungsvorschlag dar! Sie können jedoch bei Einbeziehung der weiteren Aspekte durch kleinräumige Anpassungen ohne Veränderung des Grundmusters zu Planungsvorschlägen weiterentwickelt werden.

Der Entwurf erfolgte iterativ. Jedes einzelne Szenario wurde über mehrfache Wahlmöglichkeiten-Berechnungen optimiert.

Karte 6 Szenario Kompakte Stadt



Lokale Urbanität

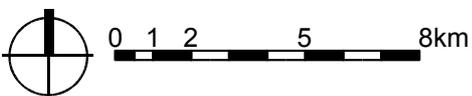
- urban
 - semiurban
 - suburban
- = Dichte, Nutzungsmischung und Öffentlichkeit im 500m-Gitter

ÖV Nahverkehr

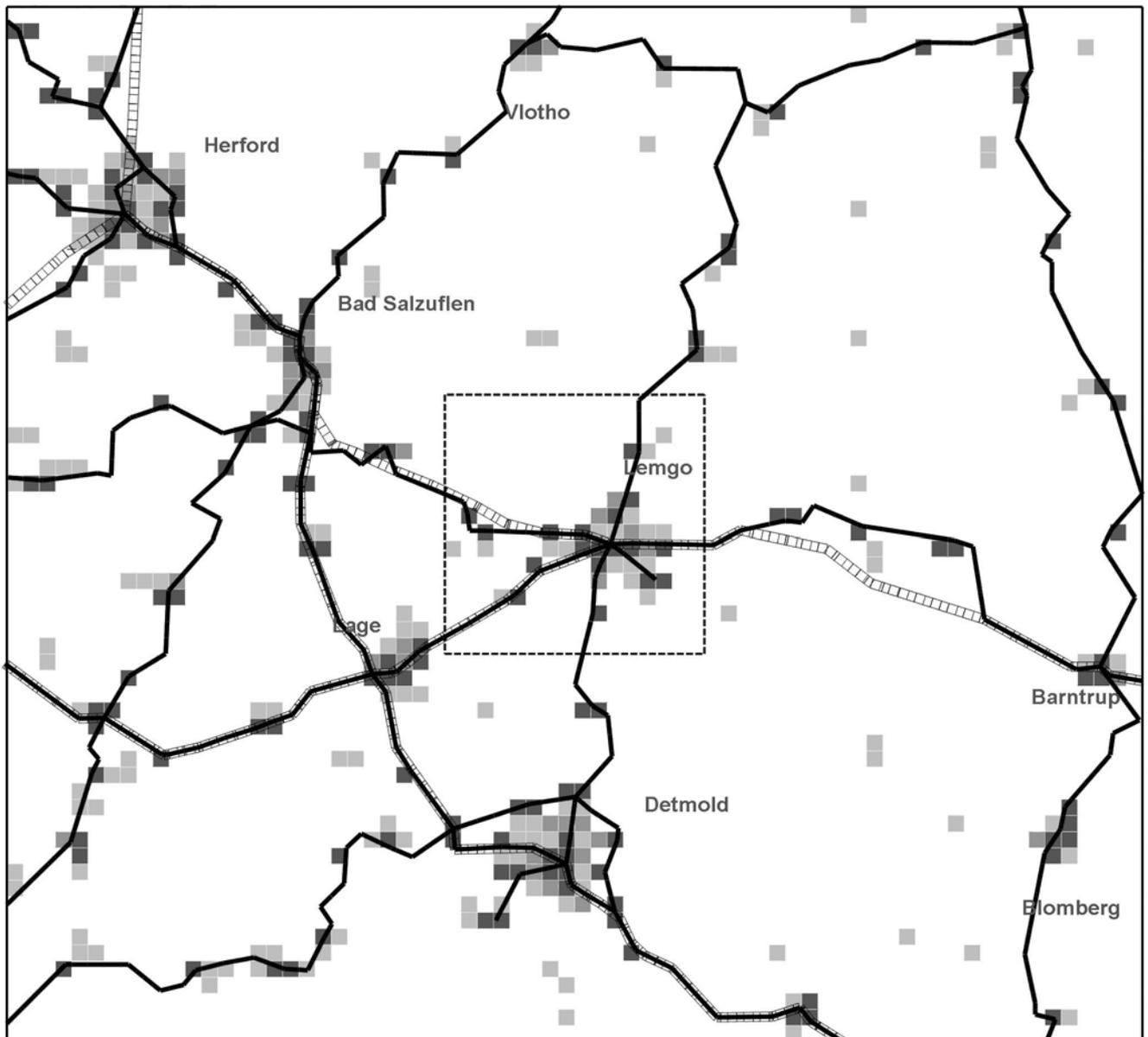
- 7,5-Minuten-Takt

ÖV Regionalverkehr

- ▤ 7,5-Minuten-Takt
- ▤ 15-/ 30-Minuten-Takt



Karte 7 Szenario Städtenetz



Lokale Urbanität

- urban
- semiurban
- suburban

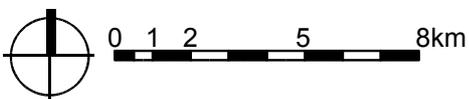
= Dichte, Nutzungsmischung und Öffentlichkeit im 500m-Gitter

ÖV Nahverkehr

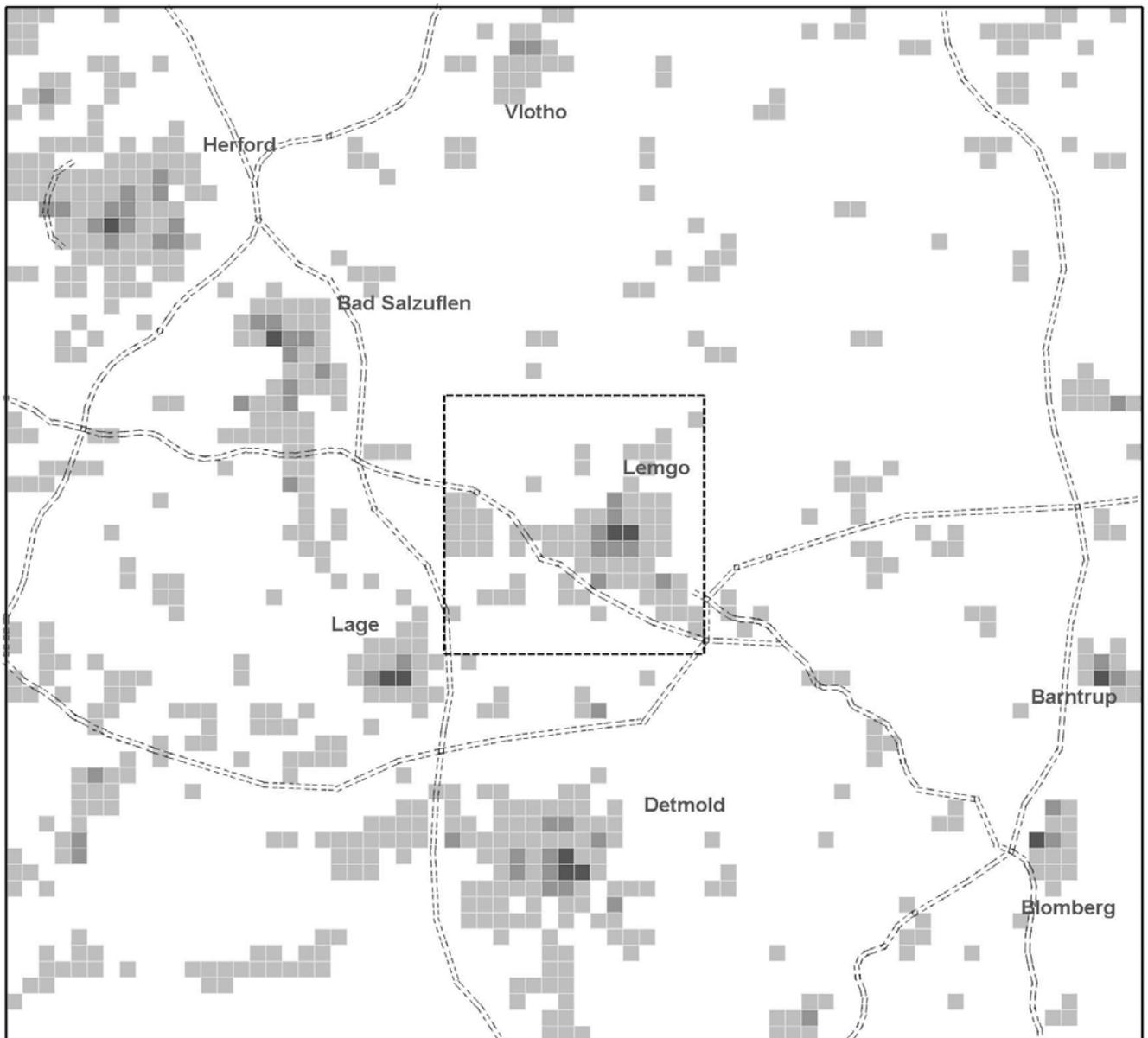
— 7,5-Minuten-Takt

ÖV Regionalverkehr

▨ 7,5-Minuten-Takt



Karte 8 Szenario Autoland



Lokale Urbanität

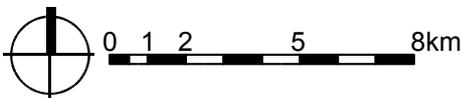
- urban
- semiurban
- suburban

= Dichte, Nutzungsmischung und Öffentlichkeit im 500m-Gitter

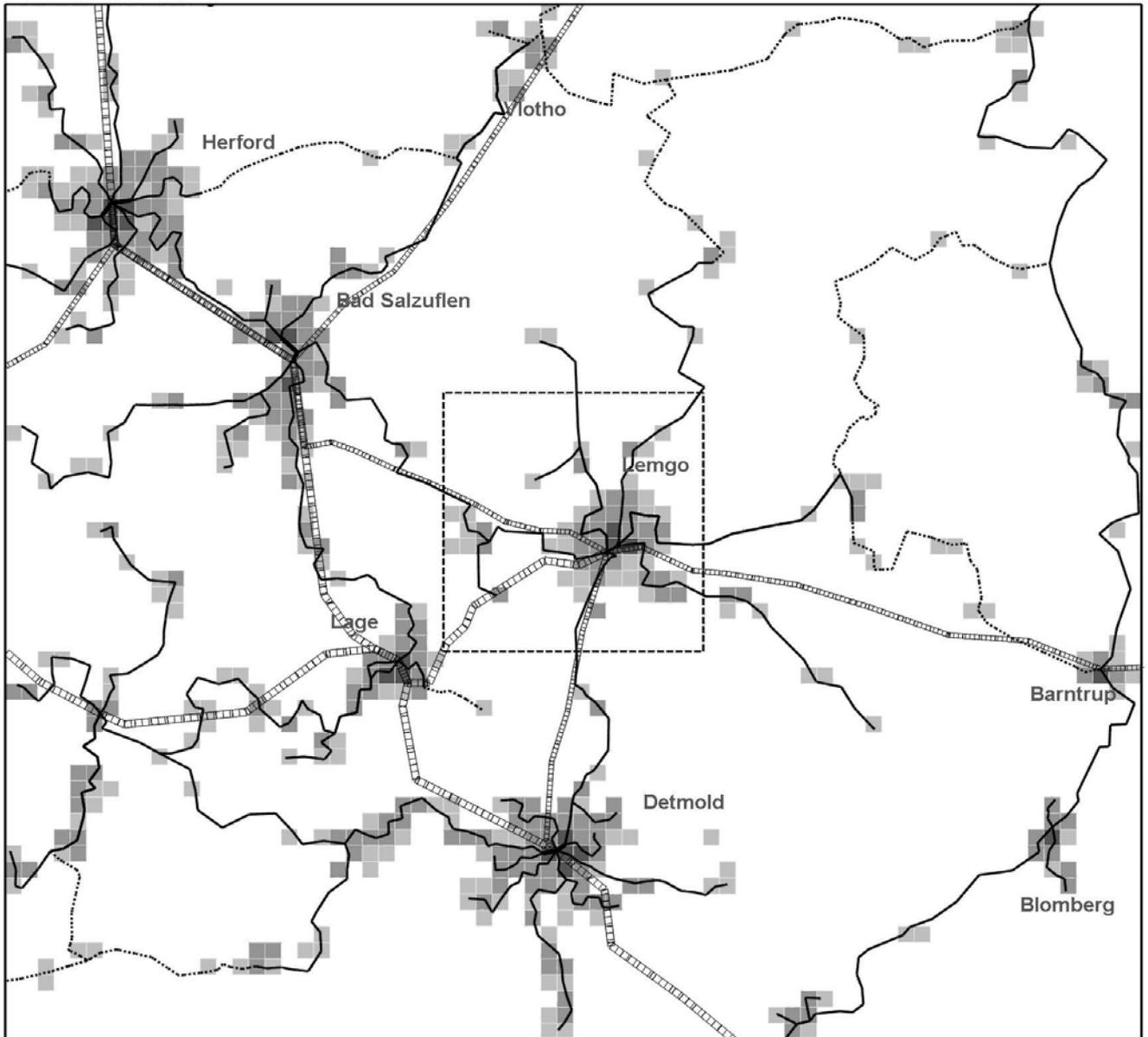
Öffentlicher Verkehr

Mindeststandards, soziale Grundversorgung
keine Wahlmöglichkeiten-Berechnung

..... **Schnellstraßen**



Karte 9 Szenario Nivellierung



Lokale Urbanität

- urban
 - semiurban
 - suburban
- = Dichte, Nutzungsmischung und Öffentlichkeit im 500m-Gitter

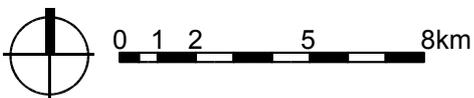
ÖV Nahverkehr

- 15-/ 30-Minuten-Takt
- ⋯ 60-Minuten-Takt

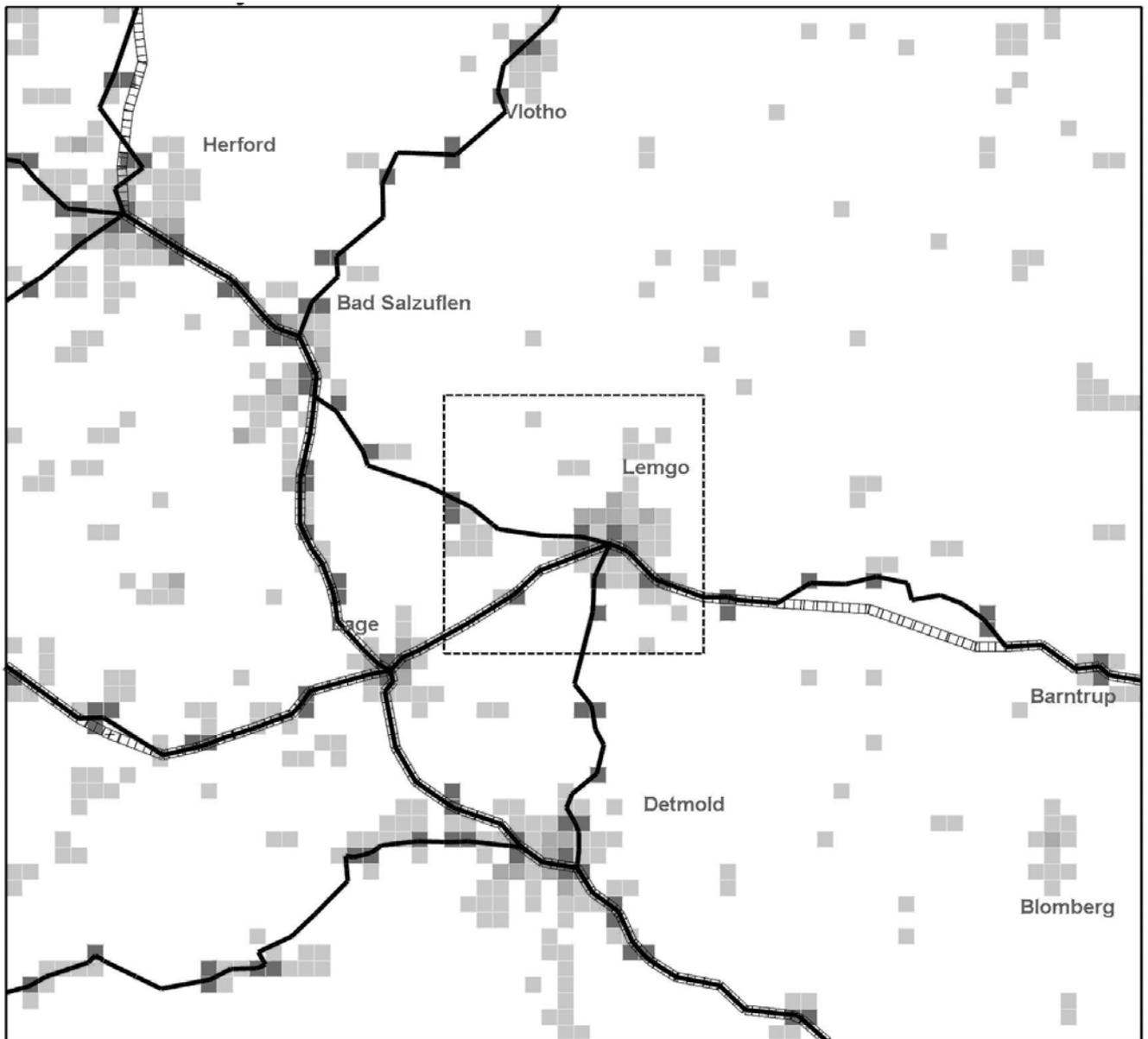
ÖV Regionalverkehr

- ▤ 15-/ 30-Minuten-Takt
- ▥ 60-Minuten-Takt

Schnellstraßen (nicht dargestellt)



Karte 10 Szenario Differenzierung



Lokale Urbanität

- urban
- semiurban
- suburban

= Dichte, Nutzungsmischung und Öffentlichkeit im 500m-Gitter

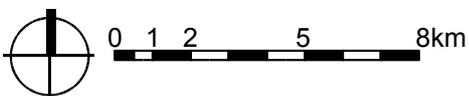
ÖV Nahverkehr

— 7,5-Minuten-Takt

ÖV Regionalverkehr

▨ 7,5-Minuten-Takt

Schnellstraßen (nicht dargestellt)



5.2 ERGEBNISSE ZU DEN HYPOTHESEN

Räumliche Wahlmöglichkeiten werden für alle Zellen des engeren Untersuchungsraums berechnet (Hauptort Lemgo). Das Rechenmodell erfasst dabei alle Beziehungen dieser Zellen mit allen Zellen des gesamten Untersuchungsraums (vgl. Karten) und zwar in allen vier Verkehrsmitteln. Als Ergebnisse werden verkehrsmittelspezifische Mittelwerte aller Zellen der **maßgeblichen Siedlungstypen** eines Szenarios gebildet:

- In den Szenarien Kompakte Stadt und Städtenetz wird ein Mittelwert aus allen urbanen Zellen gebildet. Die semi- und suburbanen Zellen sind eine vernachlässigbare Restgröße, die mit Nutzungen mit geringen Ansprüchen an räumliche Wahlmöglichkeiten belegt sind.
- Im Szenario Autoland werden alle Zellen einbezogen, da auch kleine urbane "Downtowns" und semiurbane Übergänge typischer und dauerhafter Bestandteil dieses Szenarios sind.
- Im Szenario Nivellierung werden ebenfalls alle Zellen einbezogen, da auch hier sowohl suburbane Ränder als auch urbane Kerne typischer und dauerhafter Bestandteil sind.
- Im Szenario Differenzierung wird der Mittelwert wiederum nur aus den urbanen Zellen gebildet. Zwar ist in diesem Szenario auch der suburbane Siedlungstyp typisch und dauerhaft und in diesem Fall auch ähnlich stark vertreten wie der urbane; Eine Mittelung über beide Siedlungstypen würde jedoch gerade die differenzierten urbanen Wahlmöglichkeiten-Vorteile, die hier im Mittelpunkt des Interesses stehen, wieder rechnerisch verwischen. Eine gesonderte Ausweisung der (schlechten) Ergebnisse für den suburbanen Teilraum des Differenzierungsszenarios erfolgt ebenfalls nicht, da sich dort – so die Annahme im Leitbild – eher solche Nutzungen bzw. Lebensphasen, Lebensstile niederlassen, für die räumliche Wahlmöglichkeiten gegenüber anderen Standortkriterien eine eher nachgeordnete Rolle spielen. Diese differenzierten Standortqualitäten werden mehr als nicht-verkehrlicher Vorteil denn als verkehrlicher Nachteil verstanden.

Die vergleichende Bewertung findet auf den drei allgemein anerkannten **Dimensionen von Nachhaltigkeit** statt, der ökonomischen, der sozialen und der ökologischen Dimension (vgl. Kap. 1.2):

- Die **ökonomische Dimension** bewertet das jeweils beste Nutzen-Kosten-Verhältnis bzw. die maximalen Wahlmöglichkeiten eines Szenarios. Für Aktivitäten mit höchsten Anforderungen an Wahlmöglichkeiten kann eine volle Wahlfreiheit der Verkehrsmittel unterstellt werden. Für den ökonomischen Vergleich wird daher kein bestimmtes, sondern das jeweils beste Verkehrsmittel eines Szenarios herangezogen.
- Die **soziale Dimension** bewertet die Chancengleichheit der Szenarien. Als Indikator für Chancengleichheit werden die Wahlmöglichkeiten im Öffentlichen Verkehr verwendet – als motorisiertes Verkehrsmittel für Menschen (fast) jeden Alters, Einkommens, jeder Befähigung etc.

- Die **ökologische Dimension** bewertet das Maß der Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen für Verkehr. Als Hilfsindikator werden die Wahlmöglichkeiten in den umweltverträglichsten weil nichtmotorisierten Verkehrsmitteln verglichen. Um eine gleichgewichtige Summe von Fußgänger- und Radverkehr herzustellen, werden die Wahlmöglichkeiten im Fußgängerverkehr pauschal vervierfacht.

Die Ergebnisse der Wahlmöglichkeiten-Berechnung zeigt Abbildung 23. Sie werden aus der Sicht der drei Hypothesen aus Kapitel 3.4 im Folgenden interpretiert.

Absolutwerte (Potentielle Beziehungen in Millionen)

	Städtenetz	Kompakte Stadt	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
	Vergleich für Hypothese I				
Fuß	1,2	3,2	0,2	0,7	1,2
Rad	5,5	9,4	0,8	2,3	5,4
ÖV	28,3	13,9	0,5	4,1	22,4
MIV	19,4	20,6	9,7	11,2	27,5
	Vergleich für Hypothese II			Vergleich für Hypothese III	

Vergleichende Bewertung (Nivellierung = 1)

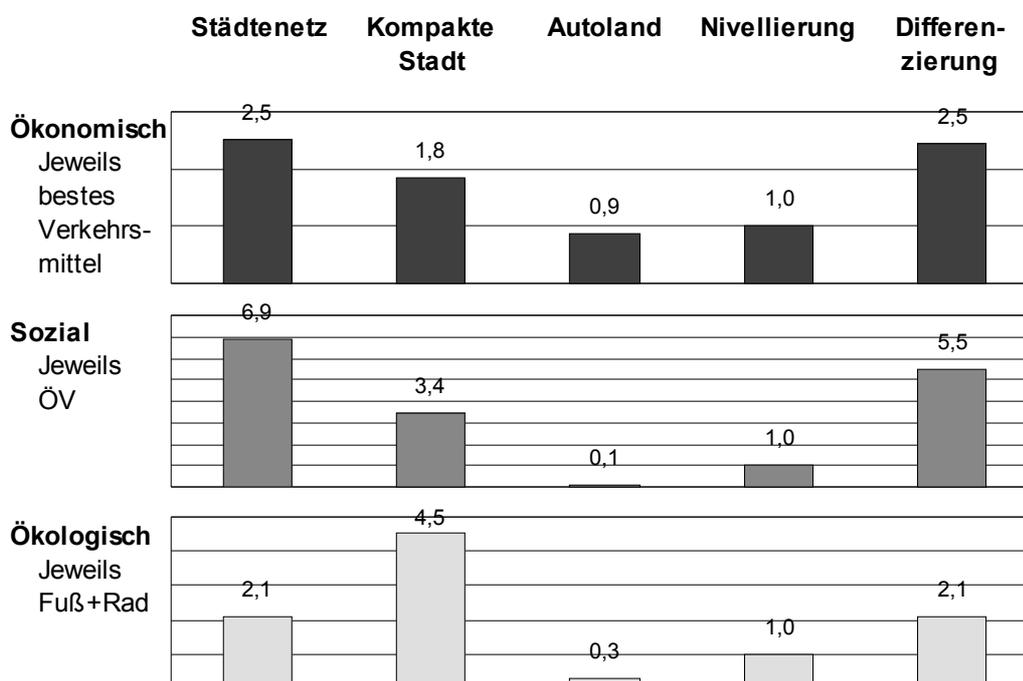


Abb. 23 Ergebnisse der Wahlmöglichkeiten-Berechnung

5.2.1 Lokal: Urbanität entscheidet (Hypothese I)

Der Wahlmöglichkeiten-Vergleich der Szenarien Kompakte Stadt, Nivellierung und Autoland erbringt klare Vorteile der Kompakten Stadt (s. Abb. 23):

- In den Verkehrsmitteln des **Umweltverbunds** betragen die Wahlmöglichkeiten in der Kompakten Stadt ca. das Zwanzigfache der Wahlmöglichkeiten im Autoland¹³⁷ und ca. das Fünffache des Nivellierungsszenarios.
- Im **MIV** werden die Wahlmöglichkeiten-Vorteile der höheren Dichte durch den höheren Verkehrsaufwand und die dünneren Schnellstraßennetze in der Kompakten Stadt teilweise und im Nivellierungsszenario vollständig kompensiert. In der Kompakten Stadt bietet der MIV ca. doppelt so große Wahlmöglichkeiten als in Autoland und Nivellierung.

Die Ergebnisse verdeutlichen die entscheidende Bedeutung der Nutzungsdichte für den Umweltverbund. In der Kompakten Stadt ist die Nutzungsdichte um den Faktor 3,5 (Autoland) bzw. 2 (Nivellierung) höher. Da der hier verwendete Verflechtungs-Indikator eine Quadratfunktion der Dichte ist (vgl. Kap. 1.2.2), ergeben sich bereits aus den Dichterelationen Wahlmöglichkeiten-Relationen von ca. 9 und 4. Diese werden noch verstärkt durch die wiederum dichteabhängigen Angebotsqualitäten im ÖV und durch die, zumindest gegenüber dem Autoland, kompaktere Siedlungsgeometrie und die zentrale Lage der Cluster publikumsintensiver Einrichtungen.

Im **Bestand** liegt die Siedlungsdichte und liegen damit auch die Wahlmöglichkeiten zwischen Nivellierung und Autoland. Die **Trendentwicklung** verzeichnet dem Augenschein nach weiteres Wachstum suburbaner Siedlungstypen in Richtung Autoland und damit weitere Mobilitätseinbußen, insbesondere in den Verkehrsmitteln des Umweltverbunds. Die organisatorischen Verbesserungspotentiale im Öffentlichen Verkehr sind insbesondere deshalb marginal¹³⁸, weil sie nicht durch eine urbanere Siedlungsentwicklung gestützt werden. Der Vergleich mit den Potentialen der Kompakten Stadt offenbart aus verkehrlicher Sicht die ökonomischen Nachteile und das ökologische und soziale Desaster der Trendentwicklung.

5.2.2 Regional: Innenentwicklung nicht vor Netzbildung (Hypothese II)

Der Wahlmöglichkeiten-Vergleich der Szenarien Kompakte Stadt und Städtetz bringt in Teilaspekten relativ eindeutige Ergebnisse, die sich jedoch nicht zu einer klaren Gesamtbewertung bilanzieren lassen:

- Im **Fußgänger- und Radverkehr** zeigt die Minimierung des Siedlungsrandes durch kompakte Anordnung der urbanen Zellen wie erwartet Vorteile. Die Wahl-

137 Im Autoland werden für den ÖV keine Wahlmöglichkeiten berechnet (vgl. Kap. 4.3.4.1 und 5.1.3). Der Wert in Abb. 23 ist eine Schätzung beruhend auf der Annahme, dass die Wahlmöglichkeiten im ÖV noch unter denen des Radverkehrs liegen.

138 Die ÖV-Qualität in Lemgo belegt seit einiger Zeit als Vorreiter in Sachen "Stadtbuskonzept" einen Spitzenplatz unter vergleichbaren Städten.

möglichkeiten in der Kompakten Stadt übertreffen das Städtetz um das Zweibis Dreifache.

- Im **Öffentlichen Verkehr** verhält es sich genau andersherum: Das Städtetz bietet doppelt so große Wahlmöglichkeiten wie die Kompakte Stadt. Die regionale Durchbindung aller ÖV-Linien erweist sich als entscheidend, wichtiger jedenfalls als kurze Haltestellenabstände bzw. unmittelbare Nachbarschaft urbaner Siedlungseinheiten.
- Im **MIV** sind die Wahlmöglichkeiten unempfindlich gegenüber den untersuchten Unterschieden in der Geometrie der Siedlungsflächen.

Übertragen in die drei **Dimensionen von Nachhaltigkeit** lautet das Ergebnis: Den ökonomischen Vorteilen des Städtetzes durch den besseren Höchstwert und den sozialen Vorteilen durch die doppelt so hohen Wahlmöglichkeiten im ÖV stehen ökologische Nachteile durch die geringere Mobilität im Fußgänger- und Radverkehr entgegen. Letzter Befund ist jedoch dadurch zu relativieren, dass das Städtetz das einzige Szenario ist, in dem der MIV nicht die höchsten Wahlmöglichkeiten bietet, sondern vom ÖV deutlich (um 50%) übertroffen wird. Gerade längere Wege sind für die Ressourcen-Inanspruchnahme überproportional wichtig. Und gerade auf diesen Wegen ist im Städtetz mit einer geringeren MIV-Benutzung zu rechnen als in der Kompakten Stadt.

Am Rande sei noch auf **räumliche Wahlmöglichkeiten-Unterschiede** innerhalb der Szenarien hingewiesen: Die Kompakte Stadt weist starke Unterschiede zwischen Innen- und Außenlagen in allen Verkehrsmitteln auf, da sich hier die Effekte der Lage zu anderen Zellen, der Lage zu (zentralen) ÖV-Knoten und der Lage zu Konzentrationen publikumsintensiver Einrichtungen verstärken. Die Nähe zur "Innenstadt" ist wichtigster Faktor verkehrlicher Lagegunst, wesentlich wichtiger jedenfalls als der Siedlungstyp einer Zelle. In der Kompakten Stadt könnten auch suburbane Zellen relativ große Wahlmöglichkeiten erzielen, wenn sie nur "zentral" liegen. Gleichzeitig würden sie jedoch das Gesamtniveau bzw. die Wahlmöglichkeiten in den anderen urbanen Zellen senken.

Gleiches gilt auch für den Bestand. Empirische Studien zum Zusammenhang von Siedlungsstruktur und Verkehrsverhalten ergeben daher (*ceteris paribus*) nur schwach signifikante Korrelationen von lokaler Urbanität und z. B. Wegelängen. Gerne wird aus dem Vergleich von Teilräumen bzw. Quartieren gefolgert: "Die dominante Bestimmungsgröße des innerörtlichen Verkehrsaufwands ist die Entfernung zur Innenstadt." (z. B. Holz-Rau 1997, S.55). Hier ist dagegen festzustellen, dass lokale Urbanität für räumliche Wahlmöglichkeiten von überragender Bedeutung ist. Dies wird jedoch erst in einer Gesamtbetrachtung deutlich, die nicht einzelne Zellen eines Szenarios sondern urbane, semi- und suburbane Szenarien vergleicht und damit eine verfälschende Wahlmöglichkeiten-Deprivation urbaner Zellen durch die Nachbarschaft zu bzw. Vernetzung mit suburbanen Zellen ausschließt.

Es erscheint jedenfalls unzulässig, auf dieser Basis generell eine Innenentwicklung einer Netzentwicklung gleicher lokaler Urbanität vorzuziehen. Das Merkmal regio-

nale Geometrie spielt im Vergleich mit lokaler Urbanität in der Gesamtbewertung eine eher nachgeordnete Rolle.

Im Städtenetz erzeugen Siedlungs- und Netzgeometrie naturgemäß schwächere Lagegunst-Unterschiede. Die ÖV-Netzknotten sind auch hier im Vorteil, aber in geringerem Maß, da nicht nur wenige Netzknotten sondern alle Haltestellen eine direkte regionale Vernetzung anbieten.

5.2.3 Differenzierung klar besser als Nivellierung (Hypothese III)

Der Vergleich der Szenarien Differenzierung und Nivellierung ergibt für teilträumlich hohe Urbanität und ÖV-Qualität wesentlich größere Wahlmöglichkeiten als für flächenhafte Semiurbanität.

- Im **Fußgänger- und Radverkehr** bieten kleine urbane Siedlungseinheiten zweimal so viele Wahlmöglichkeiten wie großflächigere semiurbane Siedlungsstrukturen.
- Im **Öffentlichen Verkehr** multiplizieren sich die höhere Zieldichte im Haltestellenumfeld mit dem dichteren Takt und den langen Linien auf gut fünffache Wahlmöglichkeiten im Szenario Differenzierung. Und dies obwohl im Szenario Differenzierung nur die urbanen 50 % der Gelegenheiten angebunden sind und damit nur 25 % der Beziehungen bedient werden.
- Selbst im **MIV** schlagen die Vorteile höherer Dichte klar auf das Ergebnis durch, mit ca. zweieinhalb Mal so großen Wahlmöglichkeiten im Szenario Differenzierung.

Entsprechend eindeutig fallen auch die Ergebnisse im Hinblick auf die Nachhaltigkeitskriterien zugunsten der Differenzierung aus (s. Abb. 23). Gerade wegen der räumlichen Differenzierung in Städtenetz und Autoland beinhaltet das Differenzierungs-Szenario eine wesentlich geringere soziale Spaltung der Gesellschaft. Die Wahlmöglichkeiten zwischen in ihrer Verkehrsmittelwahl freien ("MIV") und beschränkten ("ÖV") Verkehrsteilnehmern unterscheiden sich kaum, während im Nivellierungs-Szenario Nicht-MIV-Nutzer um ca. zwei Drittel schlechter gestellt sind (4,1 : 11,2). Personen, Familien, Unternehmen etc., die die großen und modal ausgeglichenen Wahlmöglichkeiten des Städtenetzes nicht nutzen wollen, können auch die Nachteile hoher Urbanität (Rücksichtnahme etc.) meiden und ihre Standorte mehr in das Autoland legen. Dort erfahren sie zwar erhebliche aber bewusst gewählte Wahlmöglichkeiten-Nachteile, die nicht als soziale Spaltung im Sinne einer Benachteiligung interpretiert werden können.

Die klaren ökonomischen, ökologischen und sozialen Vorteile einer Differenzierung in Städtenetz und Autoland sind auch dann zu erwarten, wenn die realen (Re-)Urbanisierungspotentiale bis ca. 2050 geringer sind als in Kap. 5.1.2 angenommen. Im Differenzierungsszenario werden die in Abbildung 23 angegebenen Wahlmöglichkeiten im **Fußgänger- und Radverkehr** immer schon dann erreicht, wenn sich im

Mittel ca. 2 urbane Zellen (ca. 5.000 Einwohner und Arbeitsplätze) zu einer Siedlungseinheit (Ortschaft, Kleinstadt) zusammen schließen. Die nichtmotorisierte Mobilität ist unabhängig von der Anzahl solcher Kleinstädte im Untersuchungsraum und somit auch vom (realen oder vermuteten) (Re-)Urbanisierungspotential. Aus dem gleichen Grund würden sich auch im **MIV** die Relationen zwischen Differenzierung und Nivellierung nicht ändern.

Die Linien- und Netzbildung im **Öffentlichen Verkehr** gelingt dagegen umso besser, je mehr urbane Siedlungseinheiten zu verteilen sind. Nimmt man für den urbanen Siedlungstyp statt 50 % (s. Kap. 5.1.2) nur 25 % der Gelegenheiten an und halbiert nach den Überlegungen in Kap. 5.1.3 auch die Streckenkilometer im ÖV, so ergibt sich in der Fallstudie immer noch ein sinnvolles Streckennetz mit gleichem Haltestellenabstand, gleicher Knotendichte aber nur noch drei statt vier Streckenästen pro Knoten. Für eine solche Variante wurde zwar keine Wahlmöglichkeiten-Berechnung durchgeführt. Es lässt sich jedoch angesichts des "Vorsprungs" aus den berechneten Szenarien mit Sicherheit sagen, dass das Ergebnis auch für den ÖV immer noch deutlich über einem Nivellierungs-Szenario mit ebenfalls reduziertem Veränderungspotential (von suburban nach semiurban) liegen würde.

Die Frage nach **urbanen Mindestanteilen für die Bildung zweckmäßiger ÖV-Netze** wurde hier nicht vertieft. Sie hängt stark von den im Bestand vorhandenen Siedlungsgeometrien und grobkörnigen Nutzungsdichten ab. In einem stärker besiedelten (Ballungs-)Raum können auch bei relativ geringen urbanen Siedlungsanteilen (auf dem Niveau des Bestands oder auch darunter) ÖV-Komfort-Netze mit einer für eine allseitige Vernetzung ausreichenden Knotendichte gebildet werden. In ausgesprochen kleinstädtischen Siedlungsräumen könnte dagegen die untere Grenze für die ÖV-Netzbildung bei urbanen Siedlungsstruktur-Anteilen von einem Viertel bis einem Drittel liegen.

5.3 EINSCHÄTZUNGEN ZU SICHERHEIT UND GÜLTIGKEIT

5.3.1 Varianten und Sensitivitäten

Das wichtigste Mittel der Validitätsprüfung ist die Variation der Eingangsgrößen (vgl. Pagenkopf 1981). Im Folgenden wird die Sensitivität der Ergebnisse gegenüber einigen kritischen Variablen und Mittelungen untersucht.

Nettoeinkommen pro Arbeitsstunde: Im Modell werden alle monetären oder monetarisierten Bestandteile des Verkehrsaufwands in (Arbeits-)Zeit umgerechnet und mit der Geschwindigkeit verrechnet (s. Kap. 4.3.1.2). Die resultierenden Geschwindigkeitsäquivalente beinhalten somit nicht nur die Fahrzeit pro Kilometer, sondern auch die Zeit zur Erwirtschaftung der Verkehrskosten. Daher hängen die Ergebnisse vom Zeitaufwand pro Kostenaufwand (h/€) ab, die aus dem mittleren Nettoeinkommen pro Arbeitsstunde und dem mittleren Anteil der Erwerbsarbeit am Haushaltseinkommen errechnet werden. Die Ergebnisse in Kap. 5.2 basieren auf einem deutschen

Mittelwert von 3 Minuten Arbeitszeit pro einem Euro Verkehrskosten (s. Kap. 4.3.1.2). In einer Alternativrechnung wurden die erheblichen realen Einkommensunterschiede über Arbeitszeiten pro Euro von 6 Minuten für geringer und 1 Minute für höher qualifizierte Erwerbstätige abgebildet¹³⁹. Die Ergebnisse dieser Fälle sind im Anhang B, Seiten VIII und IV, dargestellt. Sie weisen zwar starke Unterschiede in den Absolutwerten auf: So liegen die MIV-Wahlmöglichkeiten niedriger Einkommensgruppen bei ca. einem Zehntel der gut Verdienenden. Die Relationen zwischen den Szenarien werden jedoch kaum beeinflusst. Für die niedrigen Einkommensgruppen ist der ÖV das jeweils beste Verkehrsmittel (mit Ausnahme des Autolands), weshalb sich die Verhältnisse in der ökonomischen Bewertung noch verstärken. Für die höheren Einkommensgruppen ist der MIV das jeweils beste Verkehrsmittel. Dadurch ändert sich lediglich der ökonomische Vergleich von Städtenetz und Kompakter Stadt zugunsten der Kompakten Stadt (Hypothese I).

Anteile Nah-Gelegenheiten und Gelegenheiten-Cluster: Das Siedlungsmodell unterscheidet Gelegenheiten in Einwohner-Arbeitsplätze, Nah-Gelegenheiten und Gelegenheiten-Cluster (s. Kap. 4.2.3.1). Die Anteile der beiden letztgenannten werden aus empirischen Wegezweckanteilen in Verbindung mit allgemeinen Standortüberlegungen abgeleitet und nach Szenarien differenziert. Um die Empfindlichkeit des Modells gegenüber diesem Verfahren zu prüfen, wurden zusätzlich folgende Fälle berechnet: a) ohne Gelegenheiten-Cluster, b) ohne Nah-Gelegenheiten, c) ohne Gelegenheiten-Cluster und Nah-Gelegenheiten. Die Relationen zwischen den Szenarien ändern sich durch diese Variation nur geringfügig; Die Sensitivität des Modells ist diesbezüglich gering; Alle Hypothesen bleiben bestätigt (vgl. Anhang B, S. X, XI, XII).

Des Weiteren wurde untersucht, wie sich **Car-Sharing** und **Bike & Ride** auf Wahlmöglichkeiten auswirken. Ihre Breitenwirkung wird hier zwar eher skeptisch beurteilt (s. Kap. 2.4.1 und 2.5.1), doch zumindest teilräumlich lassen sich dadurch erhebliche Potentiale erschließen. Car-Sharing wird im Rechenmodell durch eine Verringerung der Park-Kosten auf ein Drittel simuliert. Weiterhin wird angenommen, dass sich die geringeren spezifischen Fahrzeugkosten und der größere Organisationaufwand in ihrer Wirkung auf die Geschwindigkeits-Äquivalente in etwa kompensieren. Für Bike & Ride werden die Geschwindigkeiten bei Haltestellenzu- und -abgang von 4 auf 10 km/h erhöht. Diese Annahmen führen im MIV zu Wahlmöglichkeiten-Zuwächsen um 50 bis 70 % und im ÖV um 30 bis 55 % (vgl. Anhang B, S. XIII). Da für den ökonomischen Vergleich in der Kompakten Stadt der MIV und im Städtenetz der ÖV maßgeblich ist, holt die Kompakte Stadt (in Hypothese II) etwas auf. Dagegen vergrößert sich die Kluft in den ÖV-Wahlmöglichkeiten und somit in der sozialen Bewertung (vgl. Kap. 5.2). Ansonsten bleiben die Relationen weitgehend gleich und die Hypothesen auch in dieser Variante unwiderlegt.

Das letzte Rechenexperiment dieses Kapitels ist keine weitere Sensitivitätsanalyse einer kritischen Modellannahme. Vielmehr soll abschließend noch eine vollständig andere Sichtweise eingenommen werden, nämlich die **Sichtweise eines Nutzers**. An

139 Diese Werte entsprechen in etwa einem Nettostundenverdienst von 7 € bzw. 30 € bei einem Anteil der Erwerbsarbeit am Haushaltseinkommen von 70 % bzw. 50 %.

verschiedenen Stellen wurde zwar bereits erläutert, dass eine solche Sichtweise für eine planerische Szenarienbewertung nicht richtig ist: So wurde in Kap. 1.2.2 mit dem Verflechtungsindikator die Netzwerksicht der Nutzersicht vorgezogen und in Kap. 4.3.1.1 die vollständige Zurechnung aller Kosten für erforderlich erachtet (auch derjenigen Kosten, die ein Nutzer nicht in seine täglichen Entscheidungen einbezieht, weil sie schon verausgabt sind oder von anderen getragen werden). Diese Vorgabe missachtend werden in diesem letzten Rechenexperiment

- a) anstelle des Verflechtungs-Indikators der Gelegenheiten-Indikator verwendet (s. Kap. 1.2.2) und
- b) nur die unter den derzeitigen Bedingungen der Zurechnung variablen Nutzerkosten in die Aufwandsberechnung einbezogen¹⁴⁰.

Die Ergebnisse dieser Berechnung zeigen nur im Hinblick auf Hypothese II (Vergleich Kompakte Stadt – Städtenetz) kaum Folgen. Im Vergleich von Nivellierung und Differenzierung (Hypothese III) gehen die in allen anderen Berechnungsvarianten stabilen Vorteile der Differenzierung verloren. Und in der ökonomischen Bewertung von Kompakter Stadt, Autoland und Nivellierung (Hypothese I) nimmt das Autoland erstmalig eine Spitzenposition ein, während das urbane Szenario am schlechtesten abschneidet. Diese Ergebnisse haben aus den genannten Gründen keine Auswirkungen auf die Schlussfolgerungen in Kap. 6. Sie deuten jedoch an, dass sich der Wahlmöglichkeiten-Ansatz auch zur Erklärung von Nutzerverhalten und realer Siedlungs- und Verkehrsentwicklung eignet. Gleichzeitig zeigt sich, dass Erklärungsmodell bzw. Nutzerverhalten und Bewertungsmodell strikt auseinander gehalten werden müssen.

5.3.2 Übertragbarkeit

Übertragungen auf andere Räume dürften jedenfalls dann und für alle Hypothesen möglich sein, wenn es sich wiederum um eine Mittelstadt in einem mittelstädtisch bis ländlich geprägtem Umland handelt. Weitere Übertragungen sind zulässig, wenn es sich um Räume handelt, deren siedlungsstrukturelle Ausgangssituation für die bestätigten Hypothesen eher günstiger ist als die des Untersuchungsraums. Im Folgenden konzentriert sich die Betrachtung auf die Variation des Siedlungsflächenanteiles

- a) nach oben in Richtung Ballungsraum bzw. Großstadt und
- b) nach unten in Richtung kleinstädtischer Raum.

Dabei irrelevant sind die beträchtlichen absoluten Wahlmöglichkeiten-Vorteile von "Ballung" im Allgemeinen. Es geht alleine um besondere Vor- und Nachteile für einzelne Szenarien und deren Auswirkungen auf die vergleichende Bewertung.

140 Im ÖV betragen die Fahrkosten dann in Abweichung von Tabelle 22 ca. 10 Cent pro Personenkilometer in allen Siedlungstypen (so die mittleren Fahrgeldeinnahmen laut VDV 2003). Im MIV werden in Anlehnung an die Ansätze in der Standardisierten Bewertung und in Abweichung von Tab. 14 Fahrkosten von 20, 19, 18 und 17 Cent pro Personenkilometer sowie in Abweichung von Tabelle 17 ein Parkaufwand von 6, 5 und 4 Minuten angesetzt.

- Dem Szenario **Kompakte Stadt** kommen Städte mittlerer Größe wie Lemgo im engeren und Detmold, Lage, Bad Salzuflen und Herford im weiteren Untersuchungsraum entgegen: Die Aktionsfelder im (Fuß- und) Radverkehr sind zu großen Anteilen besiedelt und auch die Cluster publikumsintensiver Einrichtungen sind überwiegend noch nichtmotorisiert erreichbar¹⁴¹. Mit abnehmender Stadtgröße sinken auch diese Vorteile und die Zweckmäßigkeit besonderer Nahverkehrsnetze im ÖV; Für ausgesprochen kleinstädtische Siedlungsräume ist als urbanes Szenario ohnehin nur das Städtetz zweckmäßig.
- Das Szenario **Städtetz** kann seine Stärken statt im untersuchten Fall eher bei groß- und kleinstädtischen Siedlungsgeometrien ausspielen. In großstädtischen Siedlungsräumen sind auch vermehrt benachbarte Siedlungseinheiten zu Fuß und mit dem Rad erreichbar, die nichtmotorisierten Wahlmöglichkeiten nähern sich mit zunehmendem Siedlungsflächenanteil der Kompakten Stadt an. Die bessere ÖV-Qualität allseitig vermaschter ÖV-Netze wird dann im Vergleich zugunsten des Städtetzes ausschlaggebend. In kleinstädtischen Siedlungsräumen sind gegenüber dem untersuchten Fall nur geringe absolute Einbußen im Fußgänger-, Rad- und im Öffentlichen Verkehr zu erwarten, sofern die (Mindest-)Größe von ein bis zwei urbanen Zellen pro Siedlungseinheit bzw. Kleinstadt erreicht wird (ca. 3.000 - 5.000 Einwohner-Arbeitsplätze).
- Das Szenario **Autoland** bleibt in allen Siedlungsräumen weit abgeschlagen. Zwar nutzt die für einen Ballungsraum typische flächenhafte Besiedlung die flächenhaften Aktionsfeldern des MIV maximal aus. Dies gilt jedoch für alle Szenarien und führt zu keinen relevanten Veränderungen in der Bewertung.
- Dem Szenario **Nivellierung** kommt eine mittlere Stadtgröße ebenso entgegen wie der Kompakten Stadt. In kleinstädtischen Siedlungsräumen würde das Szenario Nivellierung aufgrund der ungünstigeren Siedlungsgeometrie im Fuß- und Radverkehr erheblich verlieren; ebenso der Öffentliche Verkehr, der für ein geringeres Bevölkerungspotential ähnlich flächige Netze anbieten müsste – mit entsprechend reduzierten Qualitäten oder erhöhten Kosten pro Fahrgast. In großstädtischen Siedlungsräumen ist aus den gleichen Gründen eher mit einem verhältnismäßig großen Zugewinn zu rechnen.
- Im Szenario **Differenzierung** bedingt das Netzprinzip in Verbindung mit dem "halbierten" (Re-)Urbanisierungspotential in allen Siedlungsräumen so große Abstände zwischen urbanen Siedlungseinheiten, dass die jeweils benachbarten auch in Mittelstädten und Ballungsräumen kaum zu Fuß und nur schlecht mit dem Fahrrad erreichbar sind. Das suburbane Autoland, das die Zwischenräume teilweise füllt, trägt nur geringfügig zu den nichtmotorisierten Wahlmöglichkeiten der urbanen Bereiche bei. In Ballungsräumen dürfte das Nivellierungsszenario daher im Fußgänger- und Radverkehr etwas gegenüber der Differenzierung aufholen; In kleinstädtischen Siedlungsräumen ist dagegen mit noch stärkeren Unterschieden zu rechnen.

141 Daher stellen Studien zur Verkehrsvermeidung auch in solchen Fällen häufig den geringsten Verkehrsaufwand fest (etwa Kagermeier 1997).

Insgesamt ist festzustellen, dass mit der Variation von Stadtgröße bzw. "Ballung" zwar die absoluten Wahlmöglichkeiten zum Teil starken Veränderungen unterliegen. Die für den Untersuchungsraum berechneten Relationen zwischen den Szenarien bleiben jedoch erhalten und werden eher noch verstärkt. Es wird daher davon ausgegangen, dass die vergleichende Bewertung in Abbildung 23 keinem wesentlichen Einfluss von Stadtgröße oder Ballung unterliegt.

Diese Einschätzung ändert sich erst in sehr dünn besiedelten Räumen, in denen selbst Kleinstädte von wenigen 1000 Einwohner-Arbeitsplätzen als Mindestgröße lokaler Urbanität nicht realisierbar erscheinen. Aber auch die ÖV-Qualitäten des Nivellierungsszenarios sind spätestens dann völlig unrealistisch (siehe oben). Solche Siedlungsräume können nur als Autoland betrachtet werden.

Weitere Merkmale neben Stadtgröße bzw. "Ballung" werden in ihren Auswirkungen auf die vergleichende Bewertung der Hypothesen als wesentlich schwächer eingestuft und hier nicht vertieft.

6 Differenzierung in Städtenetz und Autoland: Weiterführende Überlegungen

Die Ergebnisse aus Kap. 5.2 können wie folgt zusammengefasst werden: Für die urbanen Szenarien Kompakte Stadt und Städtenetz lässt sich ein Höchstmaß an "Mobilität" im Sinne räumlicher Wahlmöglichkeiten rechnerisch nachweisen. Aber auch das Szenario Differenzierung erreicht trotz geringeren urbanen Siedlungsstrukturanteilen in diesen ein ähnliches Maß an verkehrlicher Effizienz. Szenarien ohne urbane Siedlungsstruktur, Nivellierung und Autoland, schneiden demgegenüber erheblich schlechter ab.

Die urbanen Szenarien Kompakte Stadt und Städtenetz erscheinen jedoch in der hier simulierten "Reinform" als planerisches Leitbild eher ungeeignet. Sie betrachten die großen Anteile suburbaner Siedlungsstruktur nur als Potenzial für Umbau (Urbanisierung) und Rückbau (Renaturierung). Es fehlt ein auch auf lange Sicht notwendiger konstruktiver Umgang mit Suburbanität, nicht nur als Relikt, sondern auch als besondere Funktionalität. Zudem zeigt das Szenario Differenzierung, dass eine derart einseitige Ausrichtung einer ganzen Region auf urbane Strukturen und den Umweltverbund aus verkehrlicher Sicht gar nicht nötig ist.

Das Szenario Differenzierung kombiniert die verkehrlich gegensätzlichen Verkehrs- und Siedlungssysteme Städtenetz und Autoland zu einem Szenario (vgl. Kap. 3.3 sowie Karte 10 in Kap. 5.1.4): Es bietet daher eine große Vielfalt an Lagequalitäten. Das Städtenetz ist in sich hochgradig verkehrlich effizient und intensiv verflochten. Auch innerhalb des Autolands findet trotz geringerer Wahlmöglichkeiten eine intensive verkehrliche Verflechtung statt. Wesentlich teurer und daher geringer ist jedoch Verkehr zwischen beiden Systemen, und dies bereits bei geringer räumlicher Distanz von nur wenigen Kilometern.

Gemessen an den räumlichen Wahlmöglichkeiten im Personenverkehr erweisen sich die heute vorherrschenden Entwicklungen als bedenklich:

- Suburbanisierung, d.h. Siedlungswachstum in geringen Dichten, großen Flächen gleicher Nutzung und geringer Öffentlichkeit der Straßenräume (= Szenario Autoland, Kap. 3.2 sowie Karte 8 in Kap. 5.1.4),
- MIV-Orientierung des Verkehrssystems als Ursache und Wirkung der Suburbanisierung und von Qualitätsverlusten im Umweltverbund (dito) sowie
- (Bemühungen um) intensive Stadt-Umland-Verflechtung und die dafür notwendige Angleichung der Verkehrsangebote zwischen urbanen und suburbanen Siedlungsstrukturen (= Szenario Nivellierung, Kap. 3.3 sowie Karte 9 in Kap. 5.1.4).

Im Folgenden wird skizziert, welche methodischen, konzeptionellen und politischen Schlüsse aus den Ergebnissen dieser Untersuchung gezogen werden könnten.

6.1 WAHLMÖGLICHKEITEN STATT VERKEHRSVERHALTEN

Die vorherrschenden Bewertungskriterien in der Verkehrs- und Siedlungsplanung können die massiven Verluste an räumlichen Handlungs- und Kommunikationschancen durch Suburbanisierung, MIV-Orientierung und Stadt-Umland-Verflechtung nicht abbilden. Geschwindigkeits- oder Verkehrszunahmen werden leicht als Nutzensgewinn (fehl-)interpretiert, auch wenn sie zumindest zum Teil Selbstverstärkungseffekte und (auto-)motorisierte Zwangsmobilität hervorrufen bzw. darauf beruhen (vgl. Kap. 1.2.1).

Räumliche Wahlmöglichkeiten erscheinen dagegen für komplexe Bewertungsfragen besser geeignet als Reisezeit- oder Verhaltenskriterien:

- Sie messen die Menge an räumlichen Aktivitäts- oder Kommunikationschancen und damit den unzweifelhaft wichtigsten Nutzwert von Verkehr direkt.
- Sie integrieren Siedlung und Verkehr bereits auf der Zielebene (Gelegenheiten und Verkehrsaufwand).
- Sie integrieren Nutzen und Kosten von Verkehr rechnerisch auf einer anschaulichen raumzeitlichen Dimension (z. B. 50.000 Einwohner in 15 Minuten).
- Sie erfordern bewusste methodische Entscheidungen bezüglich der Aufwands- oder Kostensimulation bzw. -zurechnung.

Angesichts der geringen Anwendungsreife des Ansatzes sind natürlich noch viele Präzisierungen notwendig und Ergänzungen möglich, etwa im Hinblick auf

- die Genauigkeit der getroffenen Annahmen (z. B. Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte zukünftiger Siedlungstypen sowie Kategorien und Geschwindigkeitsäquivalente zukünftiger optimierter Verkehrssysteme)
- den Zusammenhang von Wahlmöglichkeiten und daraus gezogenem Nutzen (Wann überwiegen etwa Informationsbedarf und Unübersichtlichkeit den zusätzlichen Nutzen weiterer Wahlmöglichkeiten ?)
- die Wirkung weiterer, hier ausgeklammerter Nutzen-Aspekte und Nebenbeiaktivitäten (Entspannung beim Autofahren (?), Lesen im ÖV u. a., Kap. 4.3.1.1)
- die Anwendung des Wahlmöglichkeiten-Kriteriums auf Teilkonzepte und Einzelmaßnahmen (Wie wirkt sich etwa eine Umfahrungsstraße durch Distanzvergrößerung auf die Siedlungsstruktur aus?).

Um in Zukunft "Nachhaltigkeit" besser mit "Mobilität" zu vereinbaren erscheint es generell notwendig, in der Diskussion um Zukunftsbilder wieder vermehrt die materiellen Eigenschaften von Raum und Transport in den Mittelpunkt der Betrachtung zu stellen, ihre Geometrie, Physik und Technik. Deren Zusammenhänge sind noch nicht ausreichend untersucht, die daraus abzuleitenden Konzepte liegen noch nicht "auf dem Tisch". Der Wahlmöglichkeiten-Ansatz konzentriert sich auf diese langfristigen Konstanten. Dagegen haben der Verhaltens-Ansatz und die Soziologie von Verkehr und Siedlung in letzter Zeit etwas davon abgelenkt, zugunsten von Lebensstil- und Akzeptanzfragen; Themen, die nur "aus unserer Anschauung von Vergangenheit

und Gegenwart stammen" (Fehl u. a. 1997, S.53) und eine Zukunftsforschung und -gestaltung kaum befördern können.

6.2 "FEINES KORN" STATT KOMMUNALSTATISTIK

Die kleinräumigen Erreichbarkeitsunterschiede im Fußgängerverkehr und im Umfeld von ÖV-Haltestellen werden mit den vorherrschenden räumlichen Bezugssystemen auf der Basis von Ortsteilen oder Gemeinden verwischt (vgl. Kap. 4.2.1.1). Für die Analyse und Planung verkehrlicher Sachverhalte sind wesentlich feinkörnigere räumliche Bezugssysteme erforderlich. In dieser Untersuchung wurde ein Quadratgitter mit 500 Metern Kantenlänge bzw. 25ha Zellengröße angewendet. Eine geeignete und günstige Datengrundlage ist die Topographische Karte im Maßstab 1:50.000. Die darin unterscheidbaren Siedlungstypen korrelieren theoretisch wie empirisch hinreichend mit verkehrlich relevanten Siedlungsstrukturmerkmalen.

Auch in großen regionalen Verflechtungsräumen erweisen sich Erhebungsaufwand und Rechenzeiten als machbar und werden durch die Technikentwicklung zunehmend erleichtert (georeferenzierte Daten/ALK-Integration, Rechenkapazitäten, EDV-basierte Strukturerkennung). Das "Feine Korn" wird daher empfohlen für die räumliche Planung von der Landes- über die regionale bis hin zur kommunalen Ebene. Gerade die Regionalplanung gewänne ein für Analyse, Planung und ihre graphische Darstellung geeignetes Instrument. Noch im Maßstab 1:200.000 sind die Zellen mit 2,5 mm Kantenlänge ausreichend groß für planerische Differenzierungen (s. Karten in Kap. 5.1.4). Die Abstraktion zu 25-ha-Zellen erscheint außerdem als guter Kompromiss zwischen den Anforderungen einer stärkeren und gegebenenfalls justitiablen Regionalplanung und den Anforderungen der kommunalen Planungshoheit.

6.3 LOKAL URBAN UND SUBURBAN STATT STADT UND LAND

Große Räumliche Wahlmöglichkeiten im Fußgänger, Rad- und öffentlichem Verkehr (Umweltverbund) erfordern im feinen Korn hohe Nutzungsdichte, Nutzungsmischung und ein Mindestmaß an Öffentlichkeit im Straßenraum. Diese drei Merkmale werden hier unter dem Begriff lokaler Urbanität zusammengefasst und in drei Siedlungstypen unterteilt: urban, semiurban, suburban (s. Kap. 3).

Fast alle Kommunen weisen Anteile aus allen drei Siedlungstypen auf: Auch Ballungsräume wie etwa das Ruhrgebiet sind – nicht nur an ihren Rändern – stark suburbanisiert. Auch kleinstädtisch-ländliche Räume wie etwa große Teile Nordbayerns haben urbane Kerne. Die entscheidenden Trennlinien verlaufen quer zu den Grenzen herkömmlicher Typisierungen von "verstädterter" und "ländlicher" Raum. So ist es durchaus fraglich, welches der beiden Beispiele – Ruhrgebiet oder Nordbayern – sich denn in einer Analyse lokaler Urbanität "im feinen Korn" als die insgesamt urbanere Region herausstellen würde. Die klassischen Kategorien der Raumordnung wie Stadt und Land, Verdichtungsraum und Ländlicher Raum, Großstädtisch und

Kleinstädtisch etc. machen sich an anderen grobkörnigeren Sachverhalten fest, die hier für die Frage der Verbesserung räumlicher Wahlmöglichkeiten als wenig hilfreich bis irreführend angesehen werden: z. B. Größe der zusammenhängend bebauten Siedlungsfläche, Zentralität, grobkörnige Dichte, Agrarerwerbsquote, Pendlerquoten etc.

Statt dessen ergibt die Modellrechnung Vorteile für eine Differenzierung in einerseits urbane Bereiche, mit hohen Wahlmöglichkeiten insbesondere im Umweltverbund, und andererseits suburbane Bereiche, mit äußerst geringen Wahlmöglichkeiten. Während etwa bei Heinze/Kill 1987 solche "Segregationstendenzen" noch verhindert werden und der "leidige Gegensatz zwischen IV und ÖV" (16) entschärft werden soll, werden hier diese differenzierten Mobilitätsniveaus als Schlüssel betrachtet.

Im Szenario Differenzierung genießen sowohl die urbanen als auch die suburbanen Teilräume individuelle *und* planerische Wertschätzung. Zentrale Planungsaufgabe wäre es zum einen, die **urbanen Qualitäten** zur Geltung zu bringen (vgl. z. B. Apel u. a. 2000):

- hohe Wahlmöglichkeiten, insbesondere im Umweltverbund,
- geringe MIV-Belastung durch Fahren oder Parken,
- abgestuftes Freiraumsystem mit hochwertigen öffentlichen Freiräumen (Straße, Platz, Park, Landschaft),
- hohe Ansprüche an Konfliktminimierung und Freiflächenoptimierung in Architektur und Städtebau (Schallschutz, private Terrassen und Gärten etc.)
- Entwicklung von Konfliktfähigkeit, Verantwortung und Bürgersinn im öffentlichen Raum,
- geringe Inanspruchnahme von Landschaft für Siedlung und (Straßen-)Infrastruktur.

Aber auch das Autoland wäre nicht nur als wertloses Relikt eines halben Jahrhunderts Suburbanisierung aufzufassen, sondern bliebe bevorzugte Siedlungsform zahlreicher Nutzungen aufgrund spezifischer **suburbaner Qualitäten**:

- geringe Erfordernisse an und Rücksichtnahme für Dichte und Mischung,
- geringe spezifische Baukosten und geringer Bodenverwertungsdruck,
- hochwertiger privater Freiraum,
- geringe Störwirkungen durch Abstand und Abwendung der Gebäude von der Straße sowie durch "geschlossene" Quartiere,
- geringe Störwirkungen durch Straßen als monofunktionale Kfz-Verkehrsanlagen.

Aufgrund der weit fortgeschrittenen Suburbanisierung benötigt das Differenzierungsleitbild jedoch in vielen Teilräumen Deutschlands eine **Phase der (Re-)Urbanisierung**. Die bloße Verteilung von (Siedlungs-)Wachstum würde hierfür nicht ausreichen (s. Kap. 5.1.2). Die neuen Planungsaufgaben durch Umbau und Rückbau, die seit einigen Jahren unter dem Eindruck der "Schrumpfung" allgemein diskutiert werden, betreffen in dieser Phase vor allem den suburbanen Bestand: gezielte räumliche Steuerung von Umbau und Rückbau, koordiniertes "Herunterwirtschaften", Lastenausgleich für Verluste von Baurecht und Immobilienwert, Zwi-

schennutzungen, Infrastrukturrückbau, Bodenordnung, Altlasten und Flächenrecycling.

6.4 REGIONAL: GRENZENLOSE SIEDLUNGSNETZE STATT ZENTRALÖRTLICHE ZUORDNUNG

Das Konzept einer Differenzierung in Städtenetz und Autoland ist unvereinbar mit zentralörtlichen Ordnungsvorstellungen und daraus entlehnten Begriffen wie "Zentrum und Peripherie" oder "Kernstadt und Umland". Diese Begriffe stellen eine (verkehrliche) Zuordnung flächiger Einzugsbereiche zu einer gemeinsamen Mitte her. Sie haben in der räumlichen Planung bislang einen sehr hohen Stellenwert. Das Szenario Nivellierung orientiert sich daran. Die planerischen Prioritäten liegen dabei, nach den "Kernen" selbst, auf den Rändern von als "zentral" ausgewiesenen Orten und auf ihrer ÖV-Anbindung an den "Kern".

Diese Untersuchung zeigt jedoch gerade für den ÖV, dass oberhalb des "feinen Korn" Verkehrsaufwand und verkehrstechnische Distanz nur noch wenig mit räumlicher Distanz zu tun haben. Hochwertige motorisierte Verkehrsmittel bilden statt dessen eher netzförmige Erreichbarkeits-Muster aus; dabei können gerade im öffentlichen Verkehr 20 km Entfernung weniger Aufwand bedeuten als 2 km. Um diese Vernetzung herzustellen, können kleine urbane "Trittsteine" in "Peripherie", "Umland" bzw. "Außenlage" von großer Wichtigkeit sein, wichtiger jedenfalls als etwa weitere suburbane Arrondierungen am Rand einer Mittelstadt¹⁴².

Auch die Planung von "Differenzierung" verlangt regionale Koordination: Komfort-ÖV-Netze müssen als Standortvorteil der urbanen Standorte in Vorleistung und langfristig verlässlich eingerichtet werden. Auch Freiraum- und Schnellstraßennetze sowie die teilträumlich sehr unterschiedlichen Reurbanisierungspotenziale müssen im regionalen Zusammenhang bewertet werden. Der regionalpolitische Proporz erscheint dabei eher leichter herstellbar als in zentralörtlich ausgerichteten Konzepten wie dem Szenario Nivellierung. An Autoland oder kleinteiligem Städtenetz können im Grunde alle Kommunen teil haben. Großflächige Entwicklungsbeschränkungen in der "Peripherie" sind entbehrlich.

Lagegunst differenziert sich dann weniger zwischen Kommunen, sondern mehr "im feinen Korn"¹⁴³. Auf regionaler Ebene bleiben für den Einzelnen zwar Unterschiede zwischen (verkehrstechnischer) Nähe und Distanz relevant und damit die "Region" im Sinne eines (begrenzten) individuellen Handlungsrahmens. In der Überlagerung vieler unterschiedlicher individueller Handlungsrahmen und Beziehungsmuster spielen jedoch gemeinsame "Regionen" und "Zentren" keine entscheidende Rolle

142 Eine ähnliche Schlussfolgerung zieht etwa Deiters (1996): "Angesichts der grundlegenden Schwächen des zentralörtlichen Gliederungsprinzips der Raumordnung und des Zentrale-Orte-Systems als dessen Basismodell sollte die Landes- und Regionalplanung vom herkömmlichen Zentrale-Orte-Konzept und der darauf aufbauenden Siedlungs- und Infrastrukturplanung abrücken und sich statt dessen verstärkt der Sicherung flächendeckender Grundversorgung im ländlichen Raum auf der einen Seite (hier "Autoland", d. Verf.) und dem Aufbau von Netzen kooperierender Zentren auf der anderen Seite (hier "Städtenetz", d. Verf.) zuwenden."

143 Elsasser plädiert daher für den Begriff "Siedlungsnetz" statt "Städtenetz", um das Denken über die Siedlungsstruktur der Zukunft von Größenvorstellungen und administrativen Einheiten zu lösen (1999).

mehr. Gemeinsam sind dann vor allem die Netze (und ihre Knoten) und diese haben zwar Distanzen aber keine Grenzen¹⁴⁴.

6.5 VERÄNDERTE REGELN FÜR RAUM UND TRANSPORT STATT PLANUNG GEGEN DEN MARKT

Suburbanisierung, MIV-Wachstum und Stadt-Umland-Verflechtung sind nicht zuletzt Folge von mindestens 70 Jahren urbanitätsfeindlicher Leitbilder in Planung und Politik¹⁴⁵. Die diesen Leitbildern zugrunde liegenden Visionen müssen heute als Mythen bezeichnet werden:

- Die Überwindung des Raumes, insbesondere durch das Auto, als allgemeine Lebensverbesserung.
- Die Überwindung des kulturellen Stadt-Land-Gegensatzes durch bestmögliche (zentralörtliche) Annäherung einer vermeintlich rückständigen Landbevölkerung an die Stadt.
- Die Überwindung des räumlichen Stadt-Land-Gegensatzes durch maximale Annäherung des Menschen an die Natur (durch das "Eigenheim im Grünen").

Selbst wenn sich räumliche Planung und Raumordnung von diesen Mythen bereits emanzipiert hätten, wären sie alleine zu einer Neuorientierung der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung nicht in der Lage. In Übereinstimmung mit zahlreichen Autoren wird die Überprüfung vieler weiterer Politikfelder, die auf Siedlung und Verkehr einwirken, für unabdingbar erachtet. Das Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) hat die "raumwirksamen Fördermittel" allein des Bundes im Jahre 2000 mit jährlich rund 70 Mrd. DM beziffert, wovon "die meisten Maßnahmen und Programme bodenschützenden Intentionen deutliche entgegen stehen" (Losch u. a. 2000). Diese finanziellen Anreize werden ergänzt durch zahlreiche ordnungsrechtliche Regelungen zugunsten suburbaner Strukturen, Entfernung und Autoverkehr (siehe unten). Nach den Ergebnissen dieser Untersuchung, muss das Hauptaugenmerk darauf liegen, die spezifischen verkehrlichen und nicht-verkehrlichen Qualitäten urbaner wie suburbaner Strukturen wieder stärker zur Geltung zu bringen. Als besonders schädlich anzusehen sind die im derzeitigen "Stadt-Umland-Verbund" immanenten Kosten- und Lastentransfers zugunsten von MIV, Ferne und Suburbanität.

144 "Dahinter steckt die radikale Entwertung einer kulturellen und räumlichen Matrix, die seit Jahrhunderten die Welt zwischen Stadt und Land, zwischen Zentrum und Peripherie aufspannte, ohne dass dafür bis jetzt tauglicher Ersatz erkennbar wäre. Die alten Fragen aber, wie: Wo befindet sich das Zentrum, wo die Peripherie, wo der Rand, wo die Stadt, wo das Land? greifen ins Leere". Eisinger (2003)

145 Im Städtebau etwa "Gartenstadt", "aufgelockerte Stadt" und "autogerechte Stadt" (vgl. Bodenschatz/Harlander 2001). Aber auch in Gesetzgebung und Parteiprogrammen waren Auto und Eigenheim spätestens seit dem Zweiten Weltkrieg dominant, mit unterschiedlichen ideologischen Begründungen: bei der CDU hieß es etwa, das Mietshaus "töte den Willen zum Kind", in der SPD meinte man, dass sich im eigenen Haus und Grund der "kulturelle Wille" der Arbeiterbewegung manifestiere (Schulz 1988, S.410ff, nach Polster/Voy 1993, S.303)

Das Differenzierungs-Szenario wird daher weniger als Ergebnis massiver Planungszwänge "gegen den Markt" verstanden, sondern mehr als prognostizierte Wirkung verbesserter Märkte für Verkehr und Raumnutzung¹⁴⁶, unterstützt und optimiert durch eine dann wirksame räumliche Planung. Zwar sind Präferenzen und Zahlungsbereitschaften unter veränderten Rahmenbedingungen kaum erforscht. Sicher erscheint jedoch, dass nach Korrekturen wie sie unten skizziert werden urbane Standorte erheblich stärker nachgefragt werden.

Auch die (regional-)politische Verpflichtung zur Gleichwertigkeit der Lebensbedingungen widerspricht nur vordergründig einer Differenzierung in Städtenetz und Autoland. Tatsächlich setzt Gleichwertigkeit voraus, dass sich etwa siedlungsstrukturelle Unterschiede in der Effizienz von Verkehrsmitteln auch deutlich in Qualität und Preis niederschlagen. Andernfalls ergäbe sich zwar sektorale Gleichheit im Verkehrsangebot aber im Saldo mit verbleibenden siedlungsstrukturellen Ungleichheiten eben gerade keine Gleichwertigkeit. Gerade die gezielte sektorale Differenzierung von Städtenetz und Autoland ist Gewähr für Gleichwertigkeit der Räume.

Im Folgenden wird ein oberflächlicher Blick auf den rechtlichen Rahmen geworfen und werden Regelungen oder Regelungsvorschläge zur Überprüfung empfohlen, die für eine siedlungsstrukturelle Differenzierung besonders relevant erscheinen:

- Befreiung des Baurechts von Dichte- und Mischungshemmnissen (z. B. in Abstandsregeln, Gebietstypen nach BauNVO, Immissionsschutz); statt dessen Mindestdichten und Mindestnutzungsanteile für Bereiche mit hochwertigem ÖV-Anschluss.
- Räumlich differenzierte Verdichtungsanreize durch Ersatz der Grundsteuer durch eine kombinierte Lenkungsabgaben auf Bodeneigentum und Bodennutzung.
- Konzentration der Wohn-, Wohnungsbau-, Wohnungseigentums- und Wirtschaftsförderung auf verdichtete Bauformen in Bereichen mit hochwertigem ÖV-Anschluss.
- Allgemeine Förderung eines urbanen Städtebaus bzw. Stadtumbaus und einer urbanen Baukultur (Pilotprojekte, Architekten- und Planerausbildung...).
- Förderung der städtebaulichen Integration von Verkehrsinfrastruktur bzw. der "Stadtreparatur" durch Land und Bund.
- Kostenorientierte und daher siedlungsstrukturell differenzierte Anschluss- bzw. Nutzungspreise für diverse Erschließungsträger und kommunale Dienstleistungen (Straßennetz, Leitungen, Post, Müllabfuhr etc.).

146

"'Raum' darf nicht mehr primär als Hindernis auf dem Weg in die Ferne betrachtet werden, sondern als gesellschaftliche Ressource (...). In diesem Sinne darf auch Mobilität nicht länger gleichgesetzt werden mit der technisch möglichen 'Herrschaft über den Raum', die letztlich nur auf die 'Vernichtung der Distanzräume' ausgerichtet ist und in ihrer Konsequenz zur Stadt- und Umweltvernichtung führt. (...) Dazu ist es jedoch erforderlich, daß Verkehrsplanung und -politik nicht mehr primär auf eine Verringerung des Raumwiderstandes ausgerichtet bleiben, sondern über geeignete Maßnahmen den Raumwiderstand selektiv erhöhen bzw. so gestalten, daß die Arbeits- und Lebensräume aufgewertet und nicht zerstört werden." (Läpple, 1995, S.39f)

- Siedlungsstrukturell differenzierte Ko-Finanzierung des öffentlichen Verkehrs über die Grundeigentümer, d. h. insoweit der mangels Grundstücksausnutzung nicht ein- oder ausgestiegene Fahrgast in ihrer Verantwortung liegt.
- Kostenorientiertes siedlungsstrukturell differenziertes Road- und Park-Pricing für alle Kfz-Arten und Straßen (per Satellit) bei freier Verwendung der Einnahmen durch die Eigentümer des Anlagevermögens (Gebietskörperschaften u. a.).
- Wirtschaftlichkeitsrechnung bei Infrastrukturmaßnahmen mit marktüblicher Verzinsung und Bodenbewertung statt Sonderrechnung als staatliche Daseinsvorsorge.
- Koppelung von Verantwortlichkeiten für Verkehr und Siedlung; z. B. Übergabe aller betrieblich entbehrlichen Bahnflächen an die SPNV-Besteller.
- Abbau staatlicher Eingriffe in den Stellplatzmarkt; (freie) Preisbildung nach (Flächen-)Knappheit und Zahlungsbereitschaften zulassen; Entlastung der Wohnkosten vom Stellplatzbau.
- Abbau aller steuerlichen Vergünstigungen von Verkehrsaufwand (Entfernungspauschale, doppelte Haushaltsführung etc.)

Diese unvollständige, unscharfe und angreifbare Aufzählung soll in erster Linie zeigen, wie groß die gesellschaftliche Herausforderung der Nachhaltigkeit in Siedlung und Verkehr ist¹⁴⁷. Die Konkretisierung und Mehrheitsfähigkeit einer "Verkehrsreform" setzt einen Paradigmenwechsel in raumbezogener Wissenschaft und Politik voraus. Eine entscheidende Voraussetzung erscheint eine "visionäre Alternative" zu den Trends¹⁴⁸. Das Leitbild der Differenzierung mit seinem Versprechen enormer Gewinne an räumlichen Wahlmöglichkeiten könnte eine solche sein.

Für seine Realisierung sind große Wachstumsschübe keine Voraussetzung. Wichtiger ist es, durch neue Anreize und Spielregeln die laufenden kleinen Standort- und Verkehrsentscheidungen in eine neue, effizientere Richtung zu lenken. Die Neubewertung der Standorte und Verkehrsangebote vergrößert dabei die Entwicklungsmasse. Ein frühzeitiges, langsames Umsteuern ermöglicht den Akteuren eine langfristige Anpassung an zukünftige Rahmenbedingungen und vermeidet mögliche ernsthafte Krisen mit nicht mehr beherrschbaren Verkehrskosten.

147 Umfangreichere Darstellungen und Erläuterungen der Instrumente und Handlungsansätze finden sich insbesondere bei Wissenschaftlicher Beirat 1992, Apel/Henkel 1995, Apel/Krug/Winning 2002, Winning 1997, S.90-96, Bizer 1998, Würtenberger 1997 und Maibach 1999.

148 Vgl. Jessen 1997. Aus den gleichen Gründen fordert Monheim 2001, anknüpfend an urbane Traditionen Europas, einen neuen "Mythos der lebenswerten Stadt": "Wenn Du ein Schiff bauen willst, dann trommle nicht Männer zusammen, um Holz zu beschaffen, um Aufgaben zu verteilen und Arbeit einzuteilen, sondern lehre sie die Sehnsucht nach dem weiten, endlosen Meer" (Antoine de Saint-Exupéry). Puchinger (1980): "Raumzeittheoretische Analysen und Konzepte, die Kalkulation von Zeitbudgets und Handlungsspielräumen haben sich, gleichwohl dem Pragmatismus verhaftet, ein Element von Utopie bewahren können." (39f)

Literaturverzeichnis

- Achen, Matthias (1993): Untersuchungen über Nutzungsmöglichkeiten von Satellitenbilddaten für eine ökologisch orientierte Stadtplanung am Beispiel Heidelberg. Heidelberg (= Heidelberger Geographische Arbeiten, 91)
- Ackermann, K. (Hrsg.) (1993): Geschossbauten für Gewerbe und Produktion. Stuttgart
- Alexander, Christopher (1965): A City is Not a Tree. In: Architectural Forum Vol 122, Nr. 1 und Nr. 2
- Apel, Dieter (1998): Verkehrsvermeidende Stadtentwicklungskonzepte - europäische Beispiele und generelle Bausteine. In: Apel, Dieter u.a. (Hrsg.): Handbuch der Kommunalen Verkehrsplanung, Kap. 2.1.5.3. Bonn.
- Apel, Dieter (1995): Stadtstraßen als öffentlicher Raum. Grenzen stadtverträglicher Belastbarkeit mit Kfz-Verkehr. In: Archiv für Kommunalwissenschaften, 34. Jg, 1. Hjbd, S.90-118
- Apel, Dieter (1992): Leistungsfähigkeit und Flächenbedarf der städtischen Verkehrsmittel. In: Apel, D. u. a. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Kap. 2.5.1.1. Bonn
- Apel, Dieter u. a. (2000): Szenarien und Potenziale einer nachhaltig flächensparenden und landschaftsschonenden Siedlungsentwicklung. Berlin (= Berichte Umweltbundesamt; 2000,1)
- Arlt, Günter u. a. (2001): Auswirkungen städtischer Nutzungsstrukturen auf Bodenversiegelung und Bodenpreis. Dresden (= IÖR-Schriften; 34)
- Arndt, Karin (1994): P+R-Potentiale. In: Apel, D. u.a. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Kap. 3.3.6.1
- Bahman, Rahman (1988): Basiserschließung: Erschließungsstandard durch den öffentlichen Verkehr in Abhängigkeit von der Angebots- und Nachfragestruktur. Zürich
- Bähr, Jürgen (1992): Bevölkerungsgeographie. Stuttgart
- Bahrenberg, Gerhard (2002): Space matters? Ja, aber welcher 'Raum', wofür, wie und wieviel! In: Geographische Revue, Heft 1, S.45-60
- Bahrenberg, Gerhard (1999): Kann man über die Siedlungsstruktur den Modal Split beeinflussen? In: Hesse, M. (Hrsg.): Siedlungsstrukturen, räumliche Mobilität und Verkehr. Erkner, S.57-68 (= Materialien des IRS, Graue Reihe; 20)
- Baier, Reinhold (1984): Parken in der Stadt. Bonn (= Schriftenreihe des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau; 03.109)
- Bäuerle (1993): GFZ-Typisierung für Bremen
- Baum, H. (1999): Auswirkungen des Verkehrs auf das gesamtwirtschaftliche Wachstum. In: FGSV (Hrsg.): Kosten und Nutzen des Verkehrs. Neuer Entwicklungen in der ge-

- samtwirtschaftlichen Bewertung. FGSV-Kolloquium am 17. und 18.2.1998 in Freiburg. S.5-11
- Bayerische Landesbank (Hrsg.) (1999): Immobilien im neuen Jahrtausend, Langfristige Trends und Visionen, Ergebnisse einer Marktstudie. München.
- Bayerisches Landesvermessungsamt (Hrsg.).1995.Das Bayerische Landesvermessungsamt.- München.Schriftenreihe der Bayerischen Landesvermessungsverwaltung; 12
- Beckmann, Klaus J. (1995): Stadtverkehr und Nutzungsmischung - Was kann Nutzungsmischung leisten? In: Informationen zur Raumentwicklung, Nr.6/7, S.443-462
- Beckmann, Klaus J. (1988): Verständniswandel in der städtischen Verkehrsplanung: Von den Chancen des Nachdenkens und Umdenkens für die Zukunft. Karlsruhe
- Bizer, Kilian (1998): Mögliche Maßnahmen, Instrumente und Wirkungen einer Steuerung der Verkehrs- und Siedlungsflächennutzung. Berlin u.a.
- Black, J. und M. Conroy (1977): Accessibility measures and the social evaluation of urban structure. In: Environment and Planning 9, Nr.9, S.1013-1031
- Blennemann, F. und E. Pajonk (1978): Einflüsse von Veränderungen des Angebotes im öffentlichen Nahverkehr auf das Verhalten und die Beurteilung der Fahrgäste. Köln (= Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen, Forschungsbericht; 6/78)
- Blennemann, Friedhelm und Wolfgang Brandenburg (1976): Anforderungen der Fahrgäste an den öffentlichen Nahverkehr. Düsseldorf (= Forschung+Praxis: U-Verkehr und Unterirdisches Bauen; 17)
- Blotevogel, H. H. (Hrsg.) (2002): Empfehlungen zur Fortentwicklung des Zentrale-Orte-Konzepts. In: Ders.: Fortentwicklung des Zentrale-Orte-Konzepts. Hannover, S. 217-309 (= ARL-Forschungs- und Sitzungsberichte; 217)
- Bock, Steffen (1995): Ein Ansatz zur polygonbasierten Klassifikation von Luft- und Satellitenbildern mittels künstlicher neuronaler Netze. Kiel (= Kieler Geographische Schriften, 91)
- Borchard, Klaus (1974): Orientierungswerte für die städtebauliche Planung: Flächenbedarf, Einzugsgebiete, Folgekosten. München
- Borchard, Klaus (1994): Mindeststandards für die Infrastrukturversorgung peripherer ländlicher Räume. In: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (Hrsg.): Strategien für periphere ländliche Räume. S.29-32 (Arbeitspapiere; 8/1994)
- Bose, Michael (1995): Wirkungsanalyse eines stadtreionalen Siedlungsstrukturkonzeptes und Ansätze für eine Neuorientierung. Das Entwicklungsmodell für Hamburg und sein Umland. Dortmund (= Harburger Berichte zur Stadtplanung, 4)
- Braedt, Johannes (1989): Satellitenbilder als Baustein eines Informationssystems für Landesplanung und Umweltschutz. In: Schilcher, M. und Fritsch, D. (Hrsg.): Geo-Informationssysteme: Anwendungen - neue Entwicklungen. Karlsruhe, S.247-259

- Braumann, Christoph (1988): Siedlungsstruktur und Infrastrukturaufwand. Auswirkungen unterschiedlicher Siedlungsstrukturen auf den Aufwand für die kommunale Infrastruktur, gezeigt an ausgewählten Salzburger Gemeinden. Salzburg (= Schriftenreihe des Salzburger Instituts für Raumforschung; 9)
- Breheny, Michael J. (1978): The Measurement of Spatial Opportunity in Strategic Planning. In: *Regional Studies* 12, Nr.4, S.463-479
- Breitling, Peter (1974): Siedlungselemente und ihre Größenordnungen. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): *Zur Ordnung der Siedlungsstruktur*. Hannover. S.51-68 (= Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Forschungs- und Sitzungsberichte; 85)
- Brög, Werner und Erhard Erl (1993): Die Bedeutung des nichtmotorisierten Verkehrs für die Mobilität in unseren Städten. In: *Verkehr und Technik* Heft 10
- Calthorpe, P. (1989): *Pedestrian Pockets - New Strategies For Suburban Growth*. In: Kelbaugh, D. (Hrsg.): *The Pedestrian Pocket Book. A New Suburban Design Strategy*. New York
- Canzler, Weert und Andreas Knie (1998): *Möglichkeitsräume. Grundrisse einer modernen Mobilitäts- und Verkehrspolitik*. Wien
- Cervero, R. (1988): Land-use mixing and surban mobility. In: *Transportation-Quarterly*, Jg. 42, Nr.3, S.429-446
- Cerwenka, Peter (1988): Der Verkehringenieur als Nachtwandler zwischen Tradition, No Future und New Age. In: *Internationales Verkehrswesen*, Jg. 40, Heft 4, S. 235-239
- Cerwenka, Peter (1992a): Siedlungsentwicklung und Verkehrssystemplanung: Ist Entropie-Steigerung auch in der Raumnutzung und Raumüberwindung unausweichlich? Böckmann, D. (Hrsg.): *Siedlungsentwicklung und Verkehrssystemplanung; Beiträge zu einem Seminar*. Wien (= Wiener Beiträge zur Regionalwissenschaft; 14)
- Cerwenka, Peter (1992b): Verkehrsentwicklung im Zivilisationsprozeß; Ursachen und Wirkungen von Verkehr. In: *Internationales Verkehrswesen*, Jg. 44, Heft 11, S.422-430
- Cerwenka, Peter (1999): Induzierter Verkehr und Zeiteinsparung. In: *Forschungsgesellschafts für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung*. FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar in Freiburg. Köln, S.59-62 (= FGSV-Report Nr. 0002/60)
- Curdes, Gerhard (1997a): *Stadtstruktur und Stadtgestaltung*. Stuttgart u.a.
- Curdes, Gerhard (1997b): *Die Entwicklung des Kölner Stadtraums. Der Einfluß von Leitbildern und Innovationen auf die Form der Stadt*. Dortmund
- Dahrendorf, Ralf (1979): *Lebenschancen. Anläufe zur sozialen und politischen Theorie*. Frankfurt a. M.

- Deiters, J. (1996): Ist das Zentrale-Orte-System als Raumordnungskonzept noch zeitgemäß?
In: Erdkunde Jg. 50, Nr.1, S.26-34
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (2000): Wegekosten und Wegekostendeckung des
Straßen- und Schienenverkehrs in Deutschland im Jahre 1997. Berlin
- Dheus, Egon (1970): Geographische Bezugssysteme für regionale Daten. Möglichkeiten der
räumlichen Zuordnung und Aggregation von Informationen. Stuttgart
- Dobeschinsky, H. (1999): Monetäre Bewertung - Verfahrenspraxis der Verkehrsplanung.
Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Person-
nahverkehrs. In: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.):
Kosten und Nutzen des Verkehrs; Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen
Bewertung. FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar in Freiburg. Köln, S.34-38 (= FGSV-Report Nr. 0002/60)
- Dörnemann, M., C. Gertz, C. Holz-Rau, P. Rau und G. Wilke (1995): Verkehrsvermeidung;
Siedlungsstrukturelle und organisatorische Konzepte. Bonn (= Materialien zur
Raumentwicklung, Heft 73)
- Eckelmann, Marion (1984): Das Zentralitätsgefüge der Raumordnung in Abhängigkeit von
Erreichbarkeiten. In: Mäcke, P. A. (Hrsg.): Stadt, Region, Land. Aachen, S.66-75<(=
Schriftenreihe des Instituts für Stadtbauwesen; 60)
- Eisinger, Angelus (2003): Stadtland Schweiz - Einleitung. in: ders. und Schneider, Michael
(Hrsg.): Stadtland Schweiz. Untersuchungen und Fallstudien zur räumlichen Struktur
und Entwicklung in der Schweiz. Basel u.a. S.7-20
- Elsasser, Hans (1999): Vom Städtenetz zum Siedlungsnetz. In: Koch, M. und W. A. Schmid
(Hrsg.): Die Stadt in der Schweizer Raumplanung. Ein Lesebuch - Martin Lendi ge-
widmet. Zürich, S. 189-190 (= ORL-Schriften; 49)
- Emnid-Institut (1991): Kontiv 1989 – Tabellenteil.
- Ewers, Hans-Jürgen und Henning Tegner (1997): Strategische Verkehrsplanung in Europa.
Deutsche Version eines Beitrags zum 14. ECMT-Symposium (wip.ww.tu-berlin.de/~ht/ecmt.htm)
- Faßbinder, Horant u. a. (1977): Städtebauliche Verdichtung in Nordrhein-Westfalen; Untersu-
chung zu den Realisierungsmöglichkeiten der Verdichtungskonzeption. Dortmund (= S-
chriftenreihe Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes NRW; Stadt-
entwicklung - Städtebau; 2.004)
- Fehl, Gerhard und Juan Rodriguez-Lores (1997): Von der 'Bandstadt' zur 'Bandstruktur'. Eine
Einführung in das Thema. Dies. (Hrsg.): Die Stadt wird die Landschaft sein und die
Landschaft die Stadt: Bandstadt und Bandstruktur als Leitbilder des modernen Städ-
tebaus. Basel u.a., S.19-54
- Feldtkeller, Andreas (1994): Die zweckentfremdete Stadt: wider die Zerstörung des öffentli-
chen Raums. Frankfurt a. M. und New York

- Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.) (1997): Empfehlungen für Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Straßen. Entwurf EWS, Aktualisierung der RAS-W 86. Köln (Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen; 132)
- Fotheringham, A.S., P.J. Densham and A. Curtis (1995): The zone definition problem and location-allocation modelling. In: *Geographical Analysis*, Nr. 27, S.60-77
- Frey, Ren (1994): Ökonomie der städtischen Mobilität. Durch Kostenwahrheit zur nachhaltigen Entwicklung des Agglomerationsverkehrs. Zürich
- Gahrman, Arno (1992): Ökologisch-ökonomische Gesamtrechnung für den Personenverkehr in Wiesbaden. Wiesbaden
- Gather, Matthias (2002): Berechnung zentralörtlicher Einzugsbereiche 2020 und Empfehlungen für ein System Zentraler Orte in Thüringen. Expertise im Auftrag der Thüringer Staatskanzlei. Erfurt
- Gehrmann, Friedhelm (1976): Die Auswahl von Indikatoren bei kleinräumiger Betrachtung. Ernst, W. und R. Thoss (Hrsg.): Indikatoren zur Präzisierung von Zielen für Raumordnung und Landesplanung. Münster, S.77-112 (= Materialien zum Siedlungs- und Wohnungswesen und zur Raumplanung; 12)
- Gertz, Carsten, Christian Holz-Rau und Petra Rau (1993): Verkehrsvermeidung durch Raumstruktur - Personenverkehr. Studie B im Studienprogramm Verkehr der Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre". Berlin
- Giddens, A. (1995): Konsequenzen der Moderne. Frankfurt a. M.
- Glasze, Georg (2001): Privatisierung öffentlicher Räume? Einkaufszentren, Business Improvement Districts und geschlossene Wohnkomplexe. In: Gebhardt, H. u.a. (Hrsg.): Zukunft der Stadt - Visionen der Stadtentwicklung. Flensburg, S.160-177 (= Berichte zur Deutschen Landeskunde; Bd.57, H.2/3)
- Grenzdörfer, Görres (1997): Multiskalige Betrachtungen einer Stadt - am Beispiel der Hansestadt Rostock. In: Breuer, T. u.a. (Hrsg.): Fernerkundung in urbanen Räumen. Regensburg, S. 35-44 (= Regensburger Geographische Schriften, 28)
- Guggenberger, Bernd (1998): Die Zukunft der Stadt ist ihr Verschwinden. In: Sauberzweig, D. und W. Laitenberger (Hrsg.): Stadt der Zukunft - Zukunft der Stadt. Baden-Baden, S.53-69
- Haag, Martin (2003): Freiburger Gesamtverkehrskonzeption. ÖPNV-Ausbau im Rahmen einer Gesamtstrategie der Stadtentwicklung. In: *PlanerIn* Heft 4, S.33-35
- Hägerstrand, Thorsten (1970): What about people in regional science? In: *Regional Science Association Papers*, vol. 24, S. 7-21
- Hägerstrand, Thorsten (1974): Der Einfluß des Verkehrs auf die Lebensqualität. In: Europäische Konferenz der Verkehrsminister (CEMT) (Hrsg.): Der Verkehr im Jahrzehnt 1980-1990. Fünftes Internationales Symposium über Theorie und Praxis in der Ver-

- kehrswirtschaft. Athen, 22. bis 25. Oktober 1973. Teil 1: Einleitende Berichte. Paris, S.2-63
- Haggett, Peter und Richard J. Chorley (1969): Network Analysis in Geography. New York/London
- Hall, Peter (1997): The Future of the Metropolis and its Form. In: Regional Studies, Nr. 31, S.211-220
- Handy, Susan (1992): Regional versus Local Accessability. In: Built Environment, Nr. 4
- Handy, Susan and D. A. Niemeier (1997): Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. In: Environment and Planning A, Jg. 29, Nr.7, S.1175-1194
- Hansen, W. G (1959): How Accessibility Shapes Land Use. In: Journal of the American Institute of Planners, Nr. 25, S.73-76
- Hautzinger, Heinz und Manfred Pfeiffer (1996): Gesetzmäßigkeiten des Mobilitätsverhaltens. Verkehrsmobilität in Deutschland zu Beginn der 90er Jahre, Band 4. Bergisch-Gladbach (= Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen; M 57)
- Heinritz, Günter (1979): Zentralität und Zentrale Orte. Stuttgart
- Heinze, G. Wolfgang (2000): Personenverkehr im künftigen Stadt-Land-Verbund. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Verkehr in Stadt und Region: Leitbilder, Konzepte, Instrumente. Hannover, S.55-74 (= Forschungs- und Sitzungsberichte; 211)
- Heinze, G. W. und Kill, H. H. (1992): Chancen des ÖPNV am Ende der autogerechten Stadt. Verkehrspolitische Lehren für einen traditionellen Verkehrsträger im Umbruch. In: Jahrbuch für Regionalwissenschaften, Jg. 12/ 13, S. 106-136. Göttingen
- Heinze, G. W. und H.H. Kill (1987): Strategische Lösungen für einen Stadtverkehr der Zukunft - Perspektiven für den öffentlichen und den Individual-Verkehr. In: Der Nahverkehr, Heft 3, S.14-21
- Hesse, Markus (o. J.): Raumstrukturen, Siedlungsentwicklung und Verkehr - Interaktionen und Integrationsmöglichkeiten (www.los.shuttle.de/irs/berichte_5.htm = Diskussionspapier Nr.2, Institut für Regionalentwicklung und Strukturplanung, Erkner)
- Hesse, Markus und Schmitz, Stefan (1998): Stadtentwicklung im Zeichen von "Auflösung" und Nachhaltigkeit. In: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 7/8, S.435-453
- Heydenreich, Susanne (2000): Aktionsräume in dispersen Stadtregionen. Ein aktorsbezogener Ansatz zur Analyse von Suburbanisierungsprozessen am Beispiel der Stadtregion Leipzig. Passau (Münchener Geographische Hefte; 81)
- Hochschule für öffentliche Verwaltung Bremen (2000): Ökologisch-Ökonomische Gesamtrechnung für den Personennahverkehr Bremen. Bremen
- Hoffmann-Axthelm, Dieter (1993): Die dritte Stadt. Bausteine eines neuen Gründungsvertrages. Frankfurt a. M.

- Holtzclaw, J. (1994): Using Residential Patterns and Transit to Decrease Auto Dependence and Costs. San Francisco (Natural Resources Defense Council, NRDC)
- Holz-Rau, Christian (1991): Wechselwirkungen zwischen Siedlungsstruktur und Verkehr. Verkehrsverhalten beim Einkauf. In: Internationales Verkehrswesen, Heft 7/8
- Holz-Rau, Christian (1997): Siedlungsstrukturen und Verkehr. Bonn (= Materialien zur Raumentwicklung; 84)
- Holz-Rau, Christian (2001): Verkehr und Siedlungsstruktur - eine dynamische Gestaltungsaufgabe. Raumforschung und Raumordnung 59. Jg., Heft4, S.264-275..
- Holz-Rau, Christian, Georg Wilke und Martina Dörnemann (1996): Park and Ride und Bike and Ride. Konzepte und Empfehlungen. Dortmund (ILS-Schriften; 103)
- Holzappel, Helmut, Klaus Traube und Otto Ulrich (1988): Autoverkehr 2000 - Wege zu einem ökologisch und sozial verträglicheren Straßenverkehr. Karlsruhe
- Illich, Ivan (1974): Die sogenannte Energiekrise oder die Lähmung der Gesellschaft. Das sozialkritische Quantum an Energie. Reinbek
- Institut für angewandte Sozialwissenschaft (infas) und Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW) (2003): Mobilität in Deutschland, Tabellenband - Basisstichprobe
- INFRAS und IWW (1995): Externe Effekte des Verkehrs, Schadenskosten der Luftverschmutzung. Paris
- Isenmann, Thomas (1994): Marktwirtschaftliche Verkehrspolitik: Wirtschaftsverträglichkeit und Raumwirksamkeit. Zürich (= WWZ-Beiträge; 20)
- Jacobs, Jane (1963/1993): Tod und Leben großer amerikanischer Städte. Frankfurt a. M. u. Berlin
- Jessen, Johann (1997): Verkehrsvermindernde Siedlungsstrukturen als Ziel der Stadtplanung. In: Jessen, J. u.a. (Hrsg.): Stadt - Mobilität - Logistik: Perspektiven, Konzepte und Modelle. Basel, Boston u. Berlin, S. 54-75
- Jessen, Johann (1998): Stadtmodelle im europäischen Städtebau - Kompakte Stadt und Netz-Stadt. In: Becker, Heidede u.a. (Hrsg.): Ohne Leitbild? Städtebau in Deutschland und Europa. Stuttgart u. Zürich, S. 490-504
- Kagermeier, Andreas (1997): Siedlungsstruktur und Verkehrsmobilität. Eine empirische Untersuchung am Beispiel von Südbayern. Dortmund
- Kagermeier, Andreas (2001): Möglichkeiten und Grenzen klein(st)räumiger Interpolation von Bevölkerungsverteilungen unter Verwendung von ATKIS zur Ermittlung von ÖPNV-Erschließungsqualitäten. Vortrag auf dem AK-GIS in Nürnberg am 14.12.01.
- Kagermeier, Andreas (1999): Beeinflussung von räumlicher Mobilität durch gebaute Strukturen: Wunschbild oder Chance für eine nachhaltige Gestaltung des Mobilitätsgeschehens in Stadtregionen? In: Hesse, M. (Hrsg.): Siedlungsstrukturen, räumliche Mobilität und Verkehr. Auf dem Weg zur Nachhaltigkeit in Stadtregionen? Erkner

- bei Berlin, S. 19-34 (= Materialien des Instituts für Regionalentwicklung und Strukturplanung, "Graue Reihe" ; 20)
- Kaufmann, Vincent (2000): Modal Practices: From the rationals behind car & public transport use to coherent transport policies. Case studies in France & Switzerland. In: World Transport Policy & Practice, Jg. 6, Nr.4, S.8-17
- Kirsch, H., H. Rau und W. Kallenberger (1978): Ein Beitrag zur Widerstandsfunktion für das Gravitationsmodell in Abhängigkeit prognostizierbarer struktureller Einflüsse. Bonn - Bad Godesberg (= Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; 262)
- Kleindienst, Gerhard (1991): Bebauungsformen für die Stadterweiterung. Beispiele und städtebauliche Kennwerte. Wien (= Beiträge zur Stadtforschung, Stadtentwicklung und Stadtgestaltung; 27)
- Klöckner, Dorothee und Georg Wilke (1999): Raumstrukturelle Voraussetzungen von Mobilität: Teilprojekt 3, Projektbereich B, Rahmenbedingungen von Mobilität in Stadtregionen. Wuppertal (= Forschungsbericht/ Forschungsverbund Ökologisch verträgliche Mobilität; Bd.3)
- Knoflacher, Hermann (1991): Einzelhandel, Geschwindigkeit des Verkehrssystems und Shopping Centers. In: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 62, Heft 1, S.47-54
- Knoflacher, Hermann u. a. (1985): Raumwirksamkeit von Verkehrssystemen. Wien (= Bundesministerium für Bauten und Technik - Straßenforschung; 268)
- Kockelman, Kara Maria (1996): Travel Behavior as a Function of Accessibility, Land Use Mixing, and Land Use Balance: Evidence from the San Francisco Bay Area. In: Journal Name: V. Berkeley, S. 32-35 (University of California)
- Koenig, J.G. (1980): Indicators of Urban Accessibility: Theory and Application. In: Transportation, Jg. 9, S. 145-172
- Kohler, Niklaus und Uta Hassler (1998): Umbau - die Zukunft des Bestands. In: Baumeister, Jg. 95, Heft 4, S.34-41
- Kreibich, Barbara, Volker Kreibich und Gernot Ruhl (1989): Vom Funktionsraum zum Aktionsraum. Wissenschaftliche Grundlagen für eine Modernisierung der Infrastruktur- und Regionalplanung. In: Informationen zur Raumentwicklung, Nr. 1, S.51-71
- Kröll, Ralf (2004): Basiswissen zur Wertermittlung. Teil 4 Sachwert (www.wertis.de)
- Krug, Henning (1994): Wahlmöglichkeiten als Zielgröße der Stadtverkehrsplanung. Eine Modellrechnung in Siedlungstypen (unveröff. Diplomarbeit am Geographischen Institut der TU München)
- Krug, Henning (1998): Raumstrukturelle Ausprägungen einer Verkehrsreform. In: Geographische Rundschau, Jg. 50, Nr. 10, S. 575-579
- Krug, Henning (2003): Flächensparender Vorrang von Straßenbahnen und Bussen. In: Apel, D. u.a. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Kap. 5.4.1.3

- Krug, Henning und Klaus Reintjes (1999): RegioTram und RegioBus. Beispiele und Möglichkeiten einer regionalen Vernetzung im öffentlichen Nahverkehr. In: Bundesbaublatt, Heft 12, S.35-39
- Kuhfeld, Hartmut und Uwe Kunert (1998): Einnahmen und Ausgaben städtischer Verkehrsunternehmen: Die Berliner Verkehrsbetriebe im interregionalen Vergleich. Berlin (= DIW-Wochenbericht 19-98)
- Kurnol, Jens und Thomas Püt (1997): Angebotsqualität des öffentlichen Verkehrs in der Region - das Beispiel Hessen. Bonn (= Arbeitspapiere der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung; 5/1997)
- Kutter, Eckhard (1991): Verkehrsintegrierende räumliche Planungsinstrumente. In: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung (Hrsg.): Raumordnung in Deutschland, Teil 2: Aufgaben und Lösungsansätze. Bonn, S.285-310 (= Materialien zur Raumentwicklung; 40)
- Kutter, E. (2001a): Räumliches Verhalten - Verkehrsverhalten. Sachstand und Defizite in der Verkehrsforschung - Weiterentwicklung einer Verkehrsentstehungstheorie. In: Technische Hochschule Aachen, Institut für Stadtbauwesen (Hrsg.): Stadt, Region, Land, Nr. 71. Aachen. S.33-46
- Kutter, Eckhard (2001b): Zu den strukturellen Ursachen regionaler Verkehrsentwicklungen: Ist die Verkehrsmisere "freier Wille" oder liegt es an den "Umständen"? In: Verkehr und Technik, Heft 1, S.3-8 und Heft 2, S.39-44
- Kutter, Eckhard und Christian Holz-Rau (1995): Verkehrsvermeidung. Siedlungsstrukturelle und organisatorische Konzepte. Bonn (= Materialien zur Raumentwicklung; 73)
- Lampugnani, Vittorio Magnago (2002): Verhaltene Geschwindigkeit. Die Zukunft der telematischen Stadt. Berlin
- Läpple, Dieter (1995): Die mobile Gesellschaft und die Grenzen des Raumes. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Kurskorrektur für Raumordnungs- und Verkehrspolitik. Wege zu einer raumverträglichen Mobilität. Hannover, S.17-44 (= Forschungs- und Sitzungsberichte; 198)
- Laube, Felix, Jeff Kenworthy und Michelle Zeibots (1999): Towards a Science of Cities: City Observation an Formulation of a City Theory. In: Hesse, M. (Hrsg.): Siedlungsstrukturen, räumliche Mobilität und Verkehr. Auf dem Weg zur Nachhaltigkeit in Stadtregionen? Erkner bei Berlin, S.99-118 (= Materialien des Instituts für Regionalentwicklung und Strukturplanung, "Graue Reihe" 20)
- Leuthardt, Helmut (1996): Bus oder Bahn in der Region? Ein wirtschaftlicher Vergleich von ÖPNV-Systemen mit Abgrenzung der Einsatzbereiche. In: Der Nahverkehr, Heft 11, S.12-16
- Leuthardt, Helmut (1998): Kostenstrukturen von Stadt-, Überland- und Reisebussen. Darstellung der Kostenelemente von Busverkehrssystemen. In: Der Nahverkehr, Heft 6, S.19-23

- Liebich, Eva (1996): Innerstädtische Verkehrsberuhigung und Mobilitätschancen. In: Marquardt-Kuron, A. und K. Schliephake (Hrsg.): Raumbezogene Verkehrswissenschaften - Anwendungen mit Konzept. Bonn, S. 125-137
- Linke, H.-J. (o. J.): Bodenordnung und Wertermittlung I (www.tu-darmstadt.de/fb/bi/geod/lm/index.htm)
- Losch, Siegfried u. a. (2000): Ökonomische Instrumente zum Schutz des Bodens. Bonn
- Lüdtke, Andreas (2003): Umweltökonomischer Vergleich zwischen Auto, Bus und Trambahn. Individualverkehr schneidet bei Gesamtkosten schlecht ab. In: Der Nahverkehr, Jg. 21, Heft 6, S.20-25
- Lynch, Kevin (1976): Das Ordnungsschema großstädtischer Lebensräume. In: Boeddinghaus, G. (Hrsg.): Städtebauliche Verdichtung im Modellvergleich. Essen, S.151-161 (= Schriftenreihe Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes NRW. Reihe Stadtentwicklung - Städtebau; 2.009)
- Mäcke, Paul A. (1984): Zur formalen Darstellung der "Erreichbarkeit". In: ders. (Hrsg.): Stadt, Region, Land; Schriftenreihe des Instituts für Stadtbauwesen, Nr. 60. Aachen, S.55-65
- Maibach, M. (1999): Externe Kosten des Verkehrs. In: Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (Hrsg.): Kosten und Nutzen des Verkehrs. Neuere Entwicklungen der gesamtwirtschaftlichen Bewertung. FGSV-Kolloquium am 17. und 18. Februar in Freiburg. Köln, S.20-22 (= FGSV-Report Nr. 0002/60)
- Marty, Stephan (1982): Optimale Siedlungsabgrenzung. Anwendung der Clusteranalyse am Beispiel des Kantons Zuerich. Zürich (= Zürcher Geographische Schriften; 8)
- Meine, Karl-Heinz (1977): Zur Struktur und zur Form der Generalisierung des Siedlungsbildes. Studie zum Informationsgehalt topographischer Karten unter Berücksichtigung des derzeitigen Forschungsstandes im deutschen Sprachraum. Festschrift für Erik Arnberger. Wien, S.163-216 (Beiträge zur theoretischen Kartographie)
- Michael, Richard (1993): Erreichbarkeitsanalysen für öffentlichen und privaten Verkehr in Stadt und Region. In: Apel, D. u.a. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung, Loseblattsammlung. Bonn
- Moewes, Winfried (1980): Grundfragen der Lebensraumgestaltung. Raum und Mensch, "Prognose", offene Planung und Leitbild. Berlin u. New York
- Molt, Walter (1989): Kritik der planenden Unvernunft. In: Vereinigung für Stadt-, Regional- und Landesplanung (Hrsg.): Neue Strategien für den Verkehr in der Stadt. Bochum, S.63-76 (SRL-Schriftenreihe; 24)
- Monheim, Rolf (2001): Visionen für Stadtverkehr und Mobilität. In: Gebhardt, H. u. a. (Hrsg.): Die Zukunft der Stadt - Visionen der Stadtentwicklung. Flensburg, S.242-256 (= Berichte zur Deutschen Landeskunde; Bd.75, H.2/3)

- Morris, J. M., P. L. Dumble und M. R. Wigan (1979): Accessibility Indicators for Transportation Planning. In: Transportation Research, 13A, S.91-109
- Moseley, Malcolm (1979): Accessibility - the rural challenge. London
- Newman, Peter und Jeffrey Kenworthy (1989): Cities and automobile dependence - a sourcebook. Aldershot
- Newman, Peter und Jeffrey Kenworthy (1999): Sustainability and cities: overcoming automobile dependence. Washington D.C.
- Niethammer, L. (1986): Stadtgeschichte in einer urbanisierten Gesellschaft. In: Schieder, W. und V. Sellin (Hrsg.): Sozialgeschichte in Deutschland: Entwicklungen und Perspektiven im internationalen Zusammenhang, Band 2: Handlungsräume des Menschen in der Geschichte. Göttingen
- Oswald, Franz (1999): Synoikos - Über die Netzmethode im Stadtentwurf. In: Koch, M. und W. A. Schmid (Hrsg.): Die Stadt in der Schweizer Raumplanung. Ein Lesebuch - Martin Lendi gewidmet. Zürich, S.166-172 (= ORL-Schriften; 49)
- Pagenkopf, Jürgen (1981): Simulation. In: Albers, W. u. a. (Hrsg.): Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft, Bd. 6. Stuttgart u. a., S.537-549
- Paravicini, U. (1997): Stadtumbau durch öffentliche Räume. In: Becker, H. u.a. (Hrsg.): Ohne Leitbild? Städtebau in Deutschland und Europa. Stuttgart
- Partzsch, D. (1970): Daseinsgrundfunktionen. In: Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung. Hannover, Sp.424-430
- Pastowski, Andreas, Rudolf Petersen und Karl-Otto Schallaböck (1993): Verkehrsvermeidung durch Raumstruktur - Schlussbericht. Studie B im Studienprogramm Verkehr der Enquete Kommission "Schutz der Erdatmosphäre". Wuppertal
- Pauleit, Stefan (1998): Das Umweltwirkgefüge staedischer Siedlungsstrukturen. Darstellung des städtischen Ökosystems durch eine Strukturtypenkartierung zur Bestimmung von Umweltqualitätszielen für die Stadtplanung. Freising (= Landschaftsökologie Weihenstephan; 12)
- Pirie, G. H. (1979): Measuring Accessibility: a Review and Proposal. In: Environment and Planning A 11, Nr.3, S.299-312
- Pischner, Thomas und Bernd Schaaf (1998): Untersuchungen über die Wechselwirkungen zwischen Siedlungsstruktur und Verkehrssystem. Teil A - Literaturanalyse und Untersuchungskonzept. Bonn (= Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik; 758)
- Platzer, Gerhard (2000): Erreichbarkeitsverhältnisse im öffentlichen Verkehr und im Individualverkehr in Österreich 1997/98. Wien (= Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) Schriftenreihe; 155)
- Platzer, Gerhard, Gernot Gmeinhardt und Bernhard Beschoner (2001): Modellierung von Erreichbarkeiten im Öffentlichen Verkehr mittels GIS. Gesamtlösung zur Bewertung

- und Analyse der Angebotsqualität im Öffentlichen Verkehr. In: Strobl, J. u. a. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2001. Salzburg
- Plunz, Richard (1995): Detroit is Everywhere. In: Stadtbauwelt 86. Jg., Nr.127, S.2012-2013
- Pohlmann, Heinz-Josef (1995): Regionaler ÖPNV im Ruhrgebiet. ÖPNV-Erreichbarkeit in einem Agglomerationsraum und die Berücksichtigung subjektiver Wahrnehmung und Bewertung. Dortmund
- Polster, Werner und Klaus Voy (1993): Eigenheim und Automobil - Materielle Fundamente der Lebensweise. In: Voy, K. u.a. (Hrsg.): Gesellschaftliche Transformationsprozesse und materielle Lebensweise: Beiträge zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte der Bundesrepublik Deutschland, Band 2. Marburg, S. 293-356
- Protze, Käthe (1998): Stadt der Wahl der Wege. Literaturbericht zur Zusammenfassung und Auswertung vorhandener Studien aus dem Planungsbereich hinsichtlich ihrer Vorschläge zur Planung einer "Stadt der Wahl der Wege". Bremen
- Puchinger, Kurt (1980): Über den Utopieverlust in der Verkehrsplanung. In: AMR-Info, 10. Jg., Heft 5-6, S.3-44
- Rommerskirchen, Stefan (1991): Mehr Mobilität - mehr Wohlstand? In: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 62, Heft 3, S.158-170
- Ross, William (2000): Mobility & Accessibility: the yin & yan of planning. In: World Transport Policy & Practice, Jg. 6, Nr.2, S.13-19
- Roth, Ueli u.a. (1980): Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen. Bonn (= Schriftenreihe des Bundesministers für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau 06.044)
- Ruppert, Wolf-Reiner (1975): Erschließungsqualität von Verkehrssystemen. Lagegunstindizes und ihre Anwendung. Bericht des Battelle-Institutes für den Bundesminister für Verkehr. Frankfurt a. M.
- Ruppert, Wolf-Reiner; Gerd Würdemann und P. Hess (1978): Erschließungsqualität des öffentlichen Personennahverkehrs. Ein besonders fußwegsensitives Verfahren zur Berechnung von Erreichbarkeiten. Bericht des Battelle-Institutes für den Bundesminister für Verkehr. Frankfurt a. M.
- Sammer, Gerd (1992): Siedlungsentwicklung und Verkehrssystemplanung. In: Bökemann, D. (Hrsg.): Siedlungsentwicklung und Verkehrssystemplanung. Beiträge zu einem Seminar. Wien, S.43-70 (= Wiener Beiträge zur Regionalwissenschaft; 14)
- Sarnes, Jörg (1998): Was darf der Nahverkehr kosten? Dokumentation zum mhv-Informations-Forum am 26. November 1997 in Löhne. Minden (= mindenherforder verkehrsgesellschaft mbH; Themenheft 01.98)

- Schäfer, Frank (2001): Nachfrage effizient ermitteln. Anwendungsspektrum der Standardisierten Bewertung von Investitionen in den öffentlichen Personennahverkehr erweitert. In: Der Nahverkehr, Heft 6, S.7-12
- Scheiner, Joachim (2001): Räumliche Mobilität in der Mediengesellschaft. In: Raumplanung Nr. 97, S.196-201
- Scheiner, Joachim (2002): Die Angst der Geographie vor dem Raum. Anmerkungen zu einer verkehrswissenschaftlich-geographischen Diskussion und zur Rolle des Raumes für den Verkehr. In: Geographische Revue Heft 1, S.19-44
- Schmidt, Mario, Rudolf Petersen und Ulrich Höpfner (1994): Energieverbrauch und Schadstoffemissionen der Stadtverkehrsmittel. In: Apel, D. u.a. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung. Kap. 2.5.4.1
- Schmitz, Stefan (1992): Verkehrsvermeidung - Welche Rolle kann die Raumplanung spielen? In: Raumforschung und Raumordnung, Heft 6, S.327-334
- Schmitz, Stefan (2001): Revolutionen der Erreichbarkeit. Gesellschaft, Raum und Verkehr im Wandel. Opladen (= Stadtforschung aktuell; 83)
- Schreckenberg, Winfried (1999): Siedlungsstrukturen der kurzen Wege. Ansätze für eine nachhaltige Stadt-, Regional- und Verkehrsentwicklung. Bonn (= Werkstatt: Praxis Nr. 1/1999 des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung)
- Schürmann, Carsten, Klaus Spiekermann und Michael Wegener (1997): Accessibility indicators. Dortmund (= Berichte aus dem Institut für Raumplanung; 39)
- Schwanhäüßer, W. und W. Bialonski (1990): Simulation des Energiebedarfs im Verkehrswesen. In: Wissenschaft und Umwelt ISU, Nr.3, S.113-133
- Seifried, Dieter (1991): Gute Argumente: Verkehr. München
- Sen, Amartya (1987): The Standard of Living: Lecture II, Lives and Capabilities. In: Sen, A. (Hrsg.): The Standard of Living: The Tanner Lectures. Cambridge, S.20-38
- Sennett, R. (1983): Verfall und Ende des öffentlichen Lebens. Die Tyrannei der Intimität. Frankfurt
- Siebel, Walter (1994): Was macht eine Stadt urban? Oldenburg. (= Oldenburger Universitätsreden; 61)
- Sieverts, Thomas (1998): Zwischenstadt - zwischen Ort und Welt, Raum und Zeit, Stadt und Land. Braunschweig, Wiesbaden
- Sinz, Manfred und Antonia Blach (1994): Pendeldistanzen als Kriterium siedlungsstruktureller Effizienz. In: Informationen zur Raumentwicklung, Heft 7/8, S.465-480
- Socialdata (1993): 21 gute Gründe für das Autofahren in der Stadt. München
- Spiekermann, Klaus (2000): Leitbilder der räumlichen Stadtentwicklung in der kommunalen Planungspraxis. In: Archiv für Kommunalwissenschaften, 39. Jg., II.Halbjahresband, S. 289-311

- Spiekermann, Klaus und Michael Wegener (2000): Freedom from the Tyranny of Zones: Towards New GIS-Based Models. In: Fotheringham, A. S. und M. Wegener (Hrsg.): Spatial Models and GIS: New Potential and New Models. London, S. 45-61 (= GIS-DATA; 7)
- Spitzer, Fritz und Vera Heinz (1997): Bestimmung der Überbauungsdichte aus digitalen Satellitenbilddaten. Methodik und Anwendungen. In: Breuer, T. u.a. (Hrsg.): Fernerkundung in urbanen Räumen. Regensburg, S. 15-23 (= Regensburger Geographische Schriften, 28)
- Statistisches Bundesamt (Hrsg.) (diverse Jahrgänge): Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland. Wiesbaden
- Steinbach, Josef (1994): Urbanität - Beiträge zu einem verhaltenstheoretischen und planungsbezogenen Konzept. In: Raumforschung und Raumordnung 52. Jg., Heft3, S.212-221
- Stiens, Gerhard (1998): Prognosen und Szenarien in der räumlichen Planung. In: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.): Methoden und Instrumente räumlicher Planung. Hannover, S.113-145
- Streich, Bernd (1990): Zur Geometrie städtebaulicher Leitbilder. In: DISP, Jg.26, Nr.101, S.3-12
- Tebbe, Jan (1979): Was ist Verkehr? Möglichkeiten und Grenzen der Verkehrsplanung. In: Duve, F. (Hrsg.): Verkehr in der Sackgasse - Kritik und Alternativen. Reinbek, S.15-48 (= Technologie und Politik, Das Magazin zur Wachstumskrise; 14)
- Thomson, J. Michael (1978): Grundlagen der Verkehrspolitik Bern, Stuttgart
- Topp, Hartmut H. (1994): Weniger Verkehr bei gleicher Mobilität? In: Internationales Verkehrswesen, Jg. 46, Nr. 9, S.486-493
- Topp, Hartmut H. (1987): Verringerter Flächenverbrauch durch neue verkehrsplanerische Ansätze. In: Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung des Landes NRW (Hrsg.): Flächenverbrauch und Verkehr. Dortmund, S.31-45 (= ILS-Schriften; 7)
- Umweltbundesamt (1999): Brennstoffzelle – Chance für die Umwelt? o. O.
- Vallee, Dirk und Stefan Köhler (2000): Verkehr und/oder Telekommunikation? - Eine Untersuchung zu physischen und virtuellen Raumüberwindungsprozessen. In: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, 71. Jg., Heft 4, S.305-332
- VCÖ – Verkehrsclub Österreich (Hrsg.) (1998): Leistungsfähiger Verkehr durch effiziente Preisgestaltung. Wien (= Wissenschaft & Verkehr 4/1998)
- Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (Hrsg.) (2003): VDV-Statistik 2002. Köln
- Verkehrswissenschaftliches Institut an der Universität Stuttgart und Intraplan Consult GmbH, München (2000): Standardisierte Bewertung von Verkehrswegeinvestitionen des öffentlichen Personennahverkehrs und Folgekostenrechnung. Version 2000. München und Stuttgart

- Vester, Frederic (1996): Crashtest Mobilität - die Zukunft des Verkehrs; Fakten, Strategien, Lösungen. München
- Volkmar, Harro F. (1984): Räumliche und zeitliche Aktivitätschancen. Kriterien für die Beurteilung von Erreichbarkeitsverhältnissen in der Verkehrsplanung. Berlin (= Schriftenreihe des Instituts für Verkehrsplanung und Verkehrswegebau - Technische Universität Berlin; 14)
- Voskuhl, David (1996): Darstellung von Erreichbarkeiten durch generalisierte Reisezeiten - Das Beispiel London. In: Marquardt-Kuron, A. und K. Schliephake (Hrsg.): Raumbezogene Verkehrswissenschaften - Anwendungen mit Konzept. Bonn, S. 223-232
- Wachs, M. and T. G. Kumagai (1973): Physical Accessibility as a social indicator (= Socio-Economic Planning Sciences; 7)
- Walther, Klaus (1973): Nachfrageorientierte Bewertung der Streckenführung im öffentlichen Personennahverkehr. Opladen (= Forschungsberichte des Landes NRW; 2356)
- Walther, Klaus (1991): Maßnahmenreagibler Modal-Split im städtischen Personenverkehr, theoretische Grundlagen und praktische Anwendung. Aachen (= Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der RWTH Aachen; 45)
- Walther, Klaus (1992): Ein neues Verständnis des Begriffs "Widerstand" in Personenverkehrsmodellen. In: Internationales Verkehrswesen, Jg.44, Nr.9, S.332-336
- Wegener, Michael (1998): Die Stadt der kurzen Wege - müssen wir unsere Städte umbauen? In: Wegener, M. (Hrsg.): Erkundungen zukünftiger Raumstrukturen. Dortmund, S.90-113 (= Dortmund.Dortmunder Beiträge zur Raumplanung; 84)
- Wegener, Michael und F. Fürst (1999): Land-Use Transport Interaction: State of the Art..Dortmund (Berichte aus dem Institut für Raumplanung; 46)
- Weibull, Jörgen W. (1976): An axiomatic approach to the measurement of accessibility. In: Regional Science and Urban Economics, Jg. 6, Nr.4, S.357-379
- Weidauer, Martin (2003): Stauvermeidung durch Roadpricing. Kassel (Diplomarbeit)
- Weidmann, U. (1993): Der Fußgänger im Straßenverkehr - Geschwindigkeit und Leistungsfähigkeit. In: Der Nahverkehr, Jg. 11, Heft 6, S.53-60
- Weizsäcker, Ernst Ulrich von, Amory B. Lovins und L. Hunter Lovins (1996): Faktor Vier. Doppelter Wohlstand - halbiertes Naturverbrauch. München
- Willeke, Rainer (1993): Zur Frage der externen Kosten und Nutzen des motorisierten Straßenverkehrs. In: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft Jg. 64, Heft 4, S.215-236
- Winkelbauer, Stefan (1996): Kosten-Nutzen-Analyse in der Verkehrspolitik: Maßnahmenbewertung durch Schattenpreise oder Zahlungsbereitschaft. Wien
- Winning, Hans-Henning von (1997): Nachhaltigkeit und Effizienz. Aktuelle Beiträge zur Verkehrsplanung. Kassel (= Arbeitsberichte des Fachbereichs Stadtplanung/ Landschaftsplanung; 115)

- Winning, Hans-Henning von (1998a): Straßen-Verkehrerschließung von (Neu-) Baugebieten. In: Apel, D. u.a. (Hrsg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung. Aachen, Kap. 5.9.1
- Winning, Hans-Henning von (1998b): Zeit, Geschwindigkeit, Verkehr - Bausteine einer Verkehrsreform. In: Widerspruch, Heft 36
- Winning, Hans-Henning von (1999a): Non-competitive motoring. In: Sucharov, L. J. (Hrsg.): Urban Transport V. Southampton, S. 599-608
- Winning, Hans-Henning von (1999b): Kleine Lösungen für die Strassenverbindungen Zella-Mehlis - Schweinfurt/ Suhl - Coburg. Varianten zur geplanten Autobahn A71/ A 73. Kassel
- Winning, Hans-Henning von (2003): Lokaler und regionaler Vorrang für Ultrabreitband Telematik (www.verkehrsplanung.de)
- Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr (1992): Marktwirtschaftliche Instrumente zur Reduktion von Luftschadstoffemissionen des Verkehrs. In: Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Jg. 63, Heft 2, S.114-133
- Wulfhorst, Gebhard, Klaus J. Beckmann, Marcel Hunecke und Michael Heinze (2000): Wechselwirkungen zwischen Stadtentwicklung, Lebensstil und Verkehrsnachfrage. In: Hunecke, M. (Hrsg.): Gestaltungsoptionen für eine zukunftsfähige Mobilität. Eine empirische Studie zum Zusammenwirken von Raumstruktur und Lebensstil im Mobilitätsverhalten von Frauen und Männern in vier ausgewählten Kölner Stadtquartieren. Gelsenkirchen, S.5-47
- Würdemann, Gerd (1983): Neuverkehr - die unbekannte Größe. Einige Aspekte der Nachfragereaktion auf schnellere Verkehrsverbindungen. In: Internationales Verkehrswesen, Jg. 35, Heft 6, S.403-408
- Würdemann, Gerd (1993): Verkehrsvermeidung ja - aber... Welche Art von Stadt wollen wir und welchen Verkehrs verträgt sie? In: EXWOST-Informationen zum Forschungsfeld "Städtebau und Verkehr", Nr. 5, S.1-10
- Würtenberger, J. (1997): Preispolitische Instrumente in der Verkehrspolitik. In: Jessen, J. u.a. (Hrsg.): Stadt - Mobilität - Logistik: Perspektiven, Konzepte, Modelle. Basel, Boston, Berlin, S. 191-206

Anhang

- A) Kurzbeschreibung des Wahlmöglichkeiten-Modells
- B) Varianten und Sensitivitäten

A) Kurzbeschreibung des Wahlmöglichkeiten-Modells

Räumliche Wahlmöglichkeiten sind ein Maß für den Nutzwert von Verkehr (s. Kap. 1.2.1). Sie beschreiben quantitativ, wie leicht es Verkehrs- und Siedlungssysteme den Menschen machen, miteinander in physischen Kontakt zu treten. Mögliche Kontakte werden aus der Sicht Einzelner als Gelegenheiten ("Orte") und aus der Sicht von Netzwerken als Beziehungen ("Verbindungen") bezeichnet. Die Kontakte werden je nach Verkehrsaufwand in gut und schlecht möglich unterschieden und gewichtet. Je mehr Kontakte mit je weniger Verkehrsaufwand möglich sind, desto größer sind die räumlichen Wahlmöglichkeiten eines Teilraums; und desto besser sind also seine räumlichen Voraussetzungen für dichte Netzwerke, intensive Kommunikation und große Märkte. Mathematisch lassen sich die Wahlmöglichkeiten eines Teilraums wie folgt formulieren:

$$W = \sum_{ij} Wij = \sum_{ij} (Gi * Gj * Eij)$$

mit

i und j = Zellen (Quelle und Ziel einer Beziehung)

Gi = Gelegenheiten in i

Eij = gegenseitige Erreichbarkeit von i und j (= Eji)

Wij = räumliche Wahlmöglichkeiten aus der Beziehung von i und j

Siedlungsmodell (Kap. 4.2)

Geometrie: Großer Raum in feinem Korn

Verkehrszellen werden durch ein quadratisches Endlosgitter mit 500m Seitenlänge und 25ha Fläche erzeugt (s. Kap. 4.2.1). Sie werden im Modell durch ihre Mittelpunkte repräsentiert.

Der engere Untersuchungsraum "Lemgo" umfasst alle Zellen, deren räumliche Wahlmöglichkeiten berechnet werden sollen: Hauptort Lemgo, 8 x 8km, 256 Zellen, davon je nach Szenario 40 bis 80 Zellen besiedelt, ca. 70.000 Einwohner und Arbeitsplätze.

Der Verflechtungsraum "Lippekreis" bildet einen Kragen um den Untersuchungsraum; er umfasst alle Zellen, die nur als potenzielles Ziel fungieren: angepasster Landkreis Lippe, 35 x 32km, ca. 4.500 Zellen, davon 320 bis 650 besiedelt, ca. 615.000 Einwohner und Arbeitsplätze.

Daten: Gelegenheiten als Einwohner-Arbeitsplatz-Äquivalente

Die Gelegenheiten einer Zelle sind die Summe aus a) Einwohner-Arbeitsplätzen (EA), b) Nutzungen, die als mit EA gleich verteilt betrachtet werden können ("Nahgelegenheiten") und c) Nutzungen, die zu räumlicher Konzentration an Standorten hoher Lagegunst neigen ("Cluster-Gelegenheiten") (s. Kap. 4.2.3). Ein Einwohner und ein Arbeitsplatz werden als je eine Gelegenheit betrachtet. EA werden mittels Siedlungstypen festgelegt (Kap. 4.2.2.5):

Siedlungstypen	urban	semiurban	suburban	unbesudelt
Einwohner + Arbeitsplätze / ha	110	60	30	0

Anteile und räumliche Verteilung der Siedlungstypen werden aus Bestandsanalyse und geschätztem Veränderungspotenzial szenariospezifisch fortgeschrieben bzw. entworfen (Kap. 5.1.2).

Nah- und Cluster-Gelegenheiten werden über empirische Wegemuster (Kontiv2002) relativ zu EA quantifiziert und diese Anteile dann szenariospezifisch nach Lokaler Urbanität (Tragfähigkeit für Nah-Gelegenheiten) und Regionaler Geometrie (Konkurrenz zwischen Nähe und Cluster) differenziert. Für Nahgelegenheiten erhält jede Zelle einen Aufschlag auf Einwohner-Arbeitsplätze von 33-56% EA-Äquivalenten. Der Stellenwert von Cluster-Gelegenheiten liegt bei 22-44% bezogen auf EA. Ihre EA-Äquivalente werden über alle Zellen aufaddiert und den jeweiligen Zellen hoher Lagegunst konzentriert zugewiesen (s. Kap. 4.2.3).

Verkehrsmodell: Gesamtaufwand in Zeitäquivalenten (Kap. 4.3)

Als Verkehrsaufwand werden neben dem Zeitaufwand des Nutzers veranschlagt: Fahrzeug- und Fahrwegkosten inklusive Kapitalbindung und Bodenwerte, Unfallkosten, Staukosten, Lärm- und Schadstoffkosten sowie Aufschläge für die Knappheit von Energie, CO₂-Senken und Rohstoffen (Kap. 4.3.1.1). Die monetär bewerteten Aufwandskomponenten werden über die mittlere Arbeitszeit pro Geldeinheit Einkommen in Zeitäquivalente umgerechnet (Kap. 4.3.1.2). Aus Geschwindigkeit und Kostenaufwand in Zeitäquivalenten werden Geschwindigkeitsäquivalente berechnet als Wert für die pro Einheit Gesamtaufwand zurückgelegte Entfernung.

Fußgänger- und Radverkehr (Kap. 4.3.2)

Das Wegenetz wird über Luftlinien zwischen den Zellmittelpunkten und einem pauschalen Umwegfaktor von 1,2 simuliert. Für den Binnenverkehr der Zellen wird eine mittlere Entfernung von 300m veranschlagt. Die Geschwindigkeiten betragen 4 km/h im Fußgänger- und 10 km/h im Radverkehr. Der Verkehrsaufwand A für eine Quelle-Ziel-Relation ergibt sich aus dem Produkt von (Luftlinien-)Entfernung, Umwegfaktor und Geschwindigkeit.

MIV-Geometrie (Straßennetz) (Kap. 4.3.3.1)

Die Straßenkategorien Hauptstraße und Schnellstraße werden manuell erzeugt oder importiert. Sie unterscheiden sich in Entwurfsgeschwindigkeit, Richtungstrennung und Knotenstandard.

Die Straßenkategorie Nebenstraße verbindet jeden Zellmittelpunkt per Luftlinie mit der jeweils nächstliegenden Hauptstraße. Sie kann automatisch erzeugt werden.

Das Straßennetz der Szenarien gleicht dem Bestandsnetz mit Ausnahme zusätzlicher Schnellstraßen in Autoland, Nivellierung und Differenzierung.

Damit der Geschwindigkeitsäquivalent nach dem Siedlungstyp differenziert werden kann, werden alle Straßen am Zellgitter geschnitten und der Siedlungstyp der jeweiligen Zelle auf die Straßenabschnitte übertragen.

MIV-Daten: Aufwand Fahren und Parken

Es werden folgende Geschwindigkeitsäquivalente (km/h) veranschlagt und auf die oben erzeugten Straßenabschnitte übertragen (Kap. 4.3.3.1):

	urban	semiurban	suburban	außerorts
Nebenstraßen	11	14	17	28
Hauptstraßen	14	18	21	29
Schnellstraßen	/	/	29	35

Für das Parken wird für Stellplatzkosten und Zugriffszeit folgender zeitäquivalenter Aufwand (in Minuten) pro Fahrt und Person veranschlagt (Kap. 4.3.3.2):

	urban	semiurban	suburban	außerorts
Aufwand Parken	12	8	5	0

Der Aufwand Parken wird zur Hälfte auf die an einen Zellmittelpunkt anstoßenden Nebenstraßen übertragen. Dadurch wird der Parkaufwand einer Fahrt je zur Hälfte nach dem Siedlungstyp der Quellzelle und zur anderen Hälfte nach dem Siedlungstyp der Zielzelle bemessen.

MIV-Kürzest-Weg-Suche (nach Dijkstra)

Für jede Quelle-Ziel-Beziehung wird der Weg des geringsten Verkehrsaufwands aus Fahren und Parken gesucht. Zu diesem Zweck muss zunächst ein Distanzgraph erzeugt werden, d.h. eine Liste aller Knotenpaare (ein Knotenpaar sind die beiden Endpunkte eines Straßenabschnitts) mit dazugehörigem Streckengewicht. Das Streckengewicht berechnet sich aus dem Quotient von Länge und Geschwindigkeitsäquivalent des Straßenabschnitts; im Fall von Nebenstraßen wird ein pauschaler Umwegfaktor (1,2) multipliziert und der (halbe) Parkaufwand addiert. Der "kürzeste Weg" ist dann derjenige mit der minimalen Summe der Kantengewichte. Für die Kürzest-Weg-Suche wird der gebräuchliche Dijkstra-Algorithmus verwendet.

ÖV-Geometrie (Liniennetz)

Die ÖV-Netze werden für jedes Szenario unabhängig vom Bestand völlig neu entworfen, Linien und Haltestellen manuell erzeugt. Das Angebot (in Fahrzeugkilometern) passt sich den szenariospezifischen Nachfrageveränderungen vollständig an; Auslastung und spezifische Personenkilometerkosten können somit als konstant angenommen werden (Kap. 4.3.1.5 und 5.1.3).

Das Modell unterstellt bevorrechtigte Standardlinienbusse auf einem an die Belange des ÖV in Linienführung, Verknüpfung und Standards angepassten Straßennetz. Die Kategorien Nah-

und Regionalverkehr unterscheiden sich in Schnellstraßenanteil, Innerortsanteil und Haltestellendichte (Kap. 4.3.4).

Linienbündel (Streckenabschnitte, die von zwei oder mehr Linien bedient werden) werden als eigene Linien mit besserem Takt simuliert.

Alle Linien werden zur siedlungsstrukturellen Differenzierung der Geschwindigkeitsäquivalente am Zellgitter geschnitten. Die Siedlungstypen der Zellen werden auf die Linienabschnitte übertragen.

Zwischen den Zellmittelpunkten und der jeweils nächstgelegenen Haltestelle werden Zugangswege als Luftlinien (wieder mit einem Umwegfaktor von 1,2) simuliert.

Eine Haltestelle, die von mehreren Linien bedient wird, wird in mehrere virtuelle Haltestellen aufgespalten. Automatisch erzeugte Umsteige"strecken" verknüpfen diese virtuellen Haltestellen.

ÖV-Daten: Aufwand Fahrtantritt, Fahren, Halten, Umstieg und Zugang

Im ÖV-Modell kommen vier Taktstufen vor. Der schlechteste Takt einer Verbindung bestimmt den Aufwand für den Fahrtantritt (= Wartezeit sowie Organisations- und Verlustzeiten durch die Anpassung des individuellen Aktivitätsprogramms an den Takt, s. Kap. 4.3.4.1). Dieser Aufwand wird folgendermaßen bemessen:

Takt (in Minuten)	7,5	15	30	60
Zeitäquivalent	3,5	8	13	23

Ein schlechteres Angebot als der Stundentakt wird nicht modelliert; somit auch nicht die ÖV-Grundversorgung im Autoland.

Für den Fahr- und Zugangs-Aufwand werden folgende Geschwindigkeitsäquivalente (km/h) veranschlagt und auf die oben erzeugten Straßenabschnitte übertragen (Kap. 4.3.4.2).

	urban	semiurban	suburban	außerorts
Zugang	4	4	4	4
Nahverkehr	25	29	34	46
Reg.-/Expr.-Verkehr	25	29	36	49

Der haltestellenbedingte Zeit- und Kostenaufwand ist in den Geschwindigkeitsäquivalenten nicht enthalten. Er wird gesondert mit 40 sec im Nah- und 50 sec im Regionalverkehr veranschlagt und je zur Hälfte auf die an eine Haltestelle anstoßenden Linienabschnitte übertragen (Kap. 4.3.4.3).

Der Aufwand für das Umsteigen wird pauschal mit 4 Minuten veranschlagt und auf die automatisch erzeugten Umsteigestrecken übertragen (Kap. 4.3.4.4).

ÖV-Kürzest-Weg-Suche (multipler Dijkstra)

Für jede Quelle-Ziel-Beziehung wird der Weg des geringsten Verkehrsaufwands aus Fahrtantritt, Fahren, Halten, Umstieg und Zugang gesucht. Zu diesem Zweck muss zunächst ein ÖV-Distanzgraph erzeugt werden, d.h. eine Liste aller Knotenpaare (ein Knotenpaar sind die beiden Endpunkte eines Linienabschnitts) mit dazugehörigem Streckengewicht. Das Streckengewicht berechnet sich aus dem Quotient von Länge und Geschwindigkeitsäquivalent des Linienabschnitts bzw. der Zugangsstrecke; bei Zugangsstrecken wird ein pauschaler Umwegfaktor von 1,2 multipliziert, bei an Haltestellen anstossenden Linien wird der halbe Halteaufwand addiert, bei Umsteigestrecken wird ausschließlich der pauschale Umsteigeaufwand veranschlagt. Schwieriger ist die Einbeziehung des taktabhängigen Zeitäquivalents (Aufwand Fahrtantritt), da er nicht über die durchfahrenen Linienabschnitte aufaddiert werden kann, sondern pro Verbindung nur einmal und zwar nach Maßgabe des schlechtesten Linienabschnitts veranschlagt werden darf. Zu diesem Zweck wird für jede der vier Taktstufen ein eigener Distanzgraph erstellt, der alle Strecken enthält, die diesen oder einen besseren Takt haben. In jedem Teil-Distanzgraph wird per Dijkstra-Algorithmus der "kürzeste Weg" in der Summe der anderen Teilaufwände ermittelt und mit dem Zeitäquivalent des schlechtesten Taktes des jeweiligen Distanzgraphen addiert. Der kleinste Betrag aus allen vier Distanzgraphen ist dann der Aufwand des insgesamt "kürzesten Weges" einer Verbindung.

Wahlmöglichkeiten-Berechnung und -Bewertung (alle Verkehrsmittel)

Zwischenergebnis des bisher beschriebenen Programmablaufs sind vier Aufwandsmatrizen, je eine für jedes Verkehrsmittel:

- in den Spaltenköpfen stehen die Quellzellen (Zellen des engeren Untersuchungsraums "Lemgo"),
- in den Zeilenköpfen stehen die Zielzellen (alle Zellen des gesamten Untersuchungsraums "Lippekreis")
- in den Feldern steht der "Kürzest-Weg-Aufwand" jeder Quelle-Ziel-Beziehung.

Der Aufwand für eine Quelle-Ziel-Beziehung wird dann mittels Erreichbarkeitsfunktion auf Werte zwischen 0 (nicht mehr erreichbar) und 1 (ohne Aufwand erreichbar) normiert. Diese Funktion lautet für die motorisierten Verkehrsmittel

$$E = e^{-0,0004 * A^{2,3}}$$

und geht bei ca. 60 Minuten gegen Null. Für nichtmotorisierte Verkehrsmittel lautet sie

$$E = e^{-0,003 * A^{2,2}}$$

und geht bei ca. 30 Minuten gegen Null (Kap. 4.3.1.4).

Die Wahlmöglichkeiten aus einer Quelle-Ziel-Beziehung berechnen sich aus dem Produkt der Gelegenheiten beider Zellen und ihrer gegenseitigen Erreichbarkeit: $W_{ij} = G_i * G_j * E_{ij}$. Sie werden ebenfalls in die Matrix eingetragen. Die Addition aller Einträge einer Spalte ergibt die Wahlmöglichkeiten einer Quellzelle aus ihrer Beziehung mit allen anderen Zellen:

$$W_i = \sum_j W_{ij} = \sum_j (G_i * G_j * E_{ij})$$

Dieser Wert wird sodann über alle Zellen (maßgeblich für die Szenarien Autoland und Nivellierung) und über die urbanen Zellen (maßgeblich für Kompakte Stadt, Städtetz und Differenzierung) des Untersuchungsraums gemittelt. Eine Doppelung der Beziehungen zwischen den Zellen des Untersuchungsraums ($i_j + j_i$) wird dabei rechnerisch verhindert.

Die vergleichende Bewertung der Szenarien erfolgt anhand eines ökonomischen, eines sozialen und eines ökologischen Kriteriums (Kap. 5.2):

- Ökonomisches Kriterium ist das jeweils beste Verkehrsmittel (meist MIV).
- Soziales Kriterium ist der ÖV als motorisiertes Verkehrsmittel größter sozialer Benutzbarkeit.
- Ökologisches Kriterium sind die nichtmotorisierten Verkehrsmittel.

Software, Hardware und Manware

In der GIS-Software Manifold-GIS 5.5 wurden die Siedlungs- und Netzgeometrien erzeugt, die Daten eingegeben, verwaltet und für die Kürzest-Weg-Suche vorbereitet und Karten erstellt. Viele Funktionen der Datenvorbereitung mussten aufgrund der Datenmenge mittels eigener VB-Script-Module automatisiert werden: die Datenübertragung anhand geometrischer Beziehungen (Spatial Overlay), das Schneiden von ÖV-Linien und Straßen am Zellgitter, das Erzeugen von Umsteigemöglichkeiten und Zugangsstrecken sowie das Berechnen der Streckengewichte aus den verschiedenen Zeitäquivalenten.

Die Distanzgraph-Erzeugung (als Liste der Knotenpaare) und die Kürzest-Weg-Suche (nach Dijkstra) wurden programmiert in der Script-Sprache AWK. Die Kürzest-Weg-Suche läuft extern (auf Windows-Rechnern unter DOS). Ihr Ergebnis, die Aufwandsmatrix, wird dann wieder in das Manifold-GIS importiert und die Erreichbarkeiten und Wahlmöglichkeiten von Beziehungen, Zellen und Teilräumen berechnet.

Als Hardware standen ein AMD 1,5 GHz-Prozessor und zwei GB Arbeitsspeicher zur Verfügung. Der Zeitbedarf für automatisierte Datenvorbereitung, Distanzgrapherzeugung, Kürzest-Weg-Suche und Wahlmöglichkeiten-Berechnung für alle vier Verkehrsmittel eines Szenarios oder Planungsfalles dauerte unter zwei Stunden (davon ca. eine Stunde für die beiden erstgenannten Schritte und ca. zehn Minuten für die Kürzest-Weg-Suche).

GIS-Bearbeiter: Stephan Wagner

Programmierer: Stephan Wagner (VB-Script, SQL), Wesley Richards (SQL, VB-Script) und Sven Stefani (AWK).

B) Varianten und Sensitivitäten (zu Kap. 5.3.1)

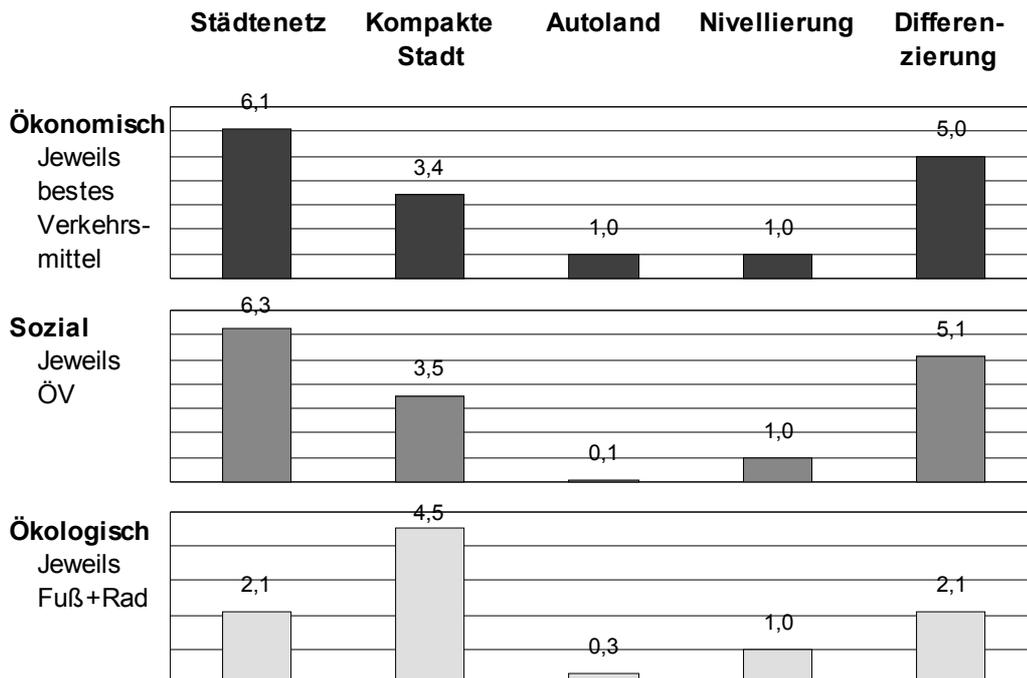
Nettoeinkommen pro Arbeitsstunde

Geringes Arbeitseinkommen

ABSOLUTWERTE (POTENTIELLE BEZIEHUNGEN IN MILLIONEN)

	Städtenetz	Kompakte Stadt	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
	Vergleich für Hypothese I				
Fuß	1,2	3,2	0,2	0,7	1,2
Rad	5,5	9,4	0,8	2,3	5,4
ÖV	19,6	10,9	0,3	3,1	15,9
MIV	4,1	4,9	3,1	3,2	6,3
	Vergleich für Hypothese II			Vergleich für Hypothese III	

VERGLEICHENDE BEWERTUNG (NIVELLIERUNG = 1)

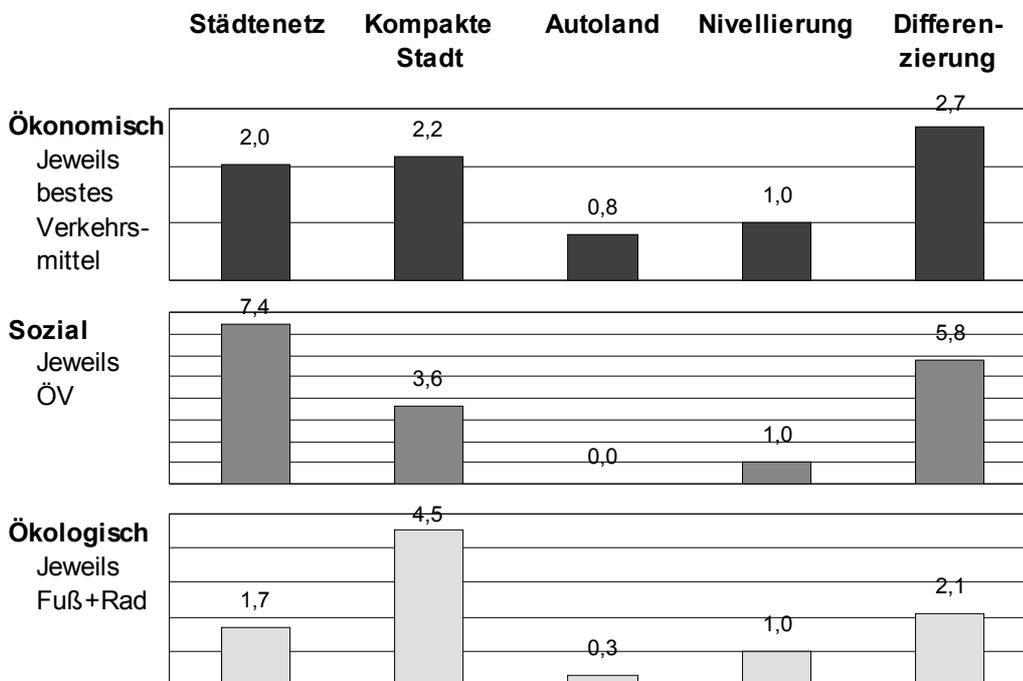


Hohes Arbeitseinkommen

ABSOLUTWERTE (POTENTIELLE BEZIEHUNGEN IN MILLIONEN)

	Städtenetz	Kompakte Stadt	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
	Vergleich für Hypothese I				
Fuß	1,0	3,2	0,2	0,7	1,2
Rad	4,4	9,4	0,8	2,3	5,4
ÖV	36,7	17,8	0,0	5,0	28,5
MIV	58,9	62,9	22,9	29,1	78,2
	Vergleich für Hypothese II			Vergleich für Hypothese III	

VERGLEICHENDE BEWERTUNG (NIVELLIERUNG = 1)



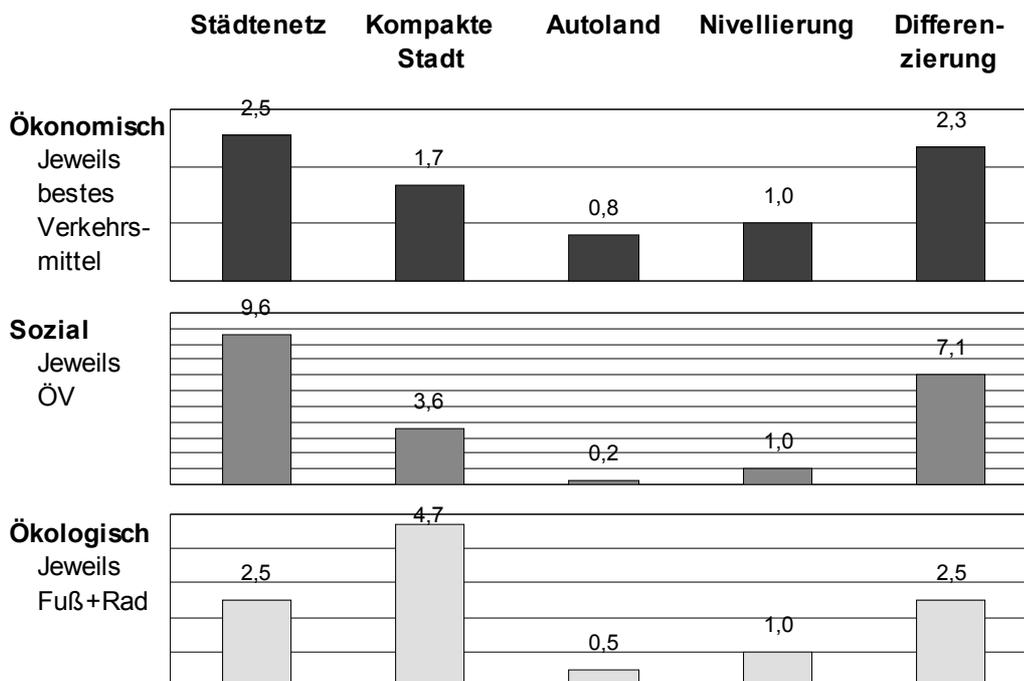
Nah-Gelegenheiten und Gelegenheiten-Cluster

Ohne Gelegenheitencluster

ABSOLUTWERTE (POTENTIELLE BEZIEHUNGEN IN MILLIONEN)

	Städtenetz	Kompakte Stadt	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
	Vergleich für Hypothese I				
Fuß	0,7	1,4	0,1	0,3	0,7
Rad	2,9	4,8	0,6	1,2	2,9
ÖV	18,3	6,8	0,4	1,9	13,5
MIV	14,4	12,0	5,9	7,2	16,8
	Vergleich für Hypothese II			Vergleich für Hypothese III	

VERGLEICHENDE BEWERTUNG (NIVELLIERUNG = 1)

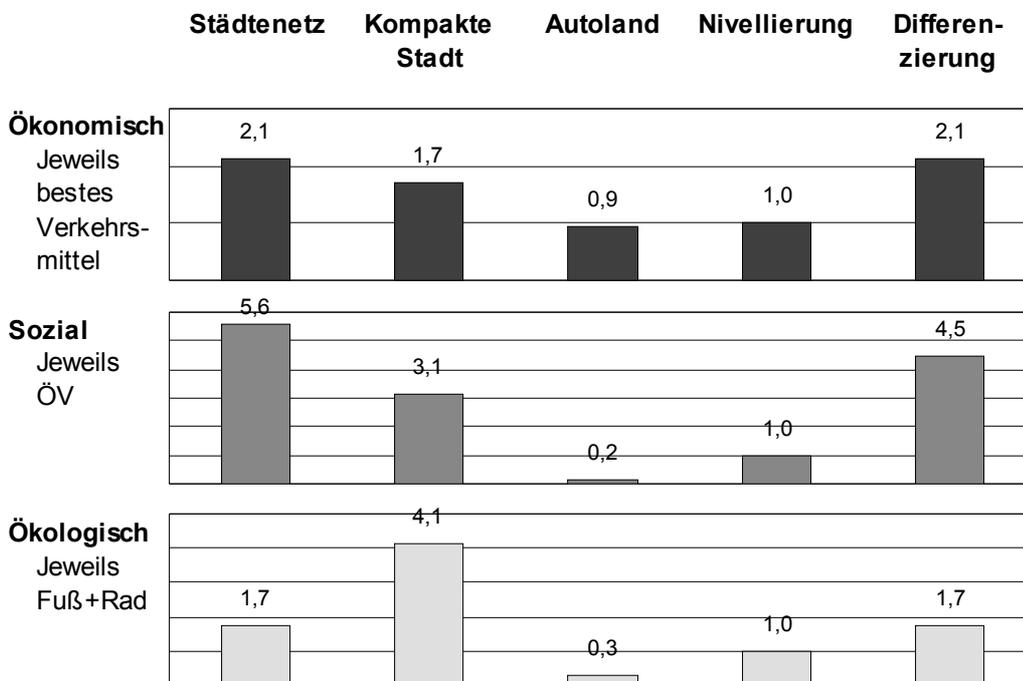


Ohne Nahgelegenheiten

ABSOLUTWERTE (POTENTIELLE BEZIEHUNGEN IN MILLIONEN)

	Städtenetz	Kompakte Stadt	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
	Vergleich für Hypothese I				
Fuß	0,8	2,2	0,1	0,5	0,8
Rad	3,3	6,2	0,6	1,7	3,3
ÖV	16,7	9,4	0,5	3,0	13,5
MIV	11,0	13,4	7,3	7,8	16,5
	Vergleich für Hypothese II			Vergleich für Hypothese III	

VERGLEICHENDE BEWERTUNG (NIVELLIERUNG = 1)

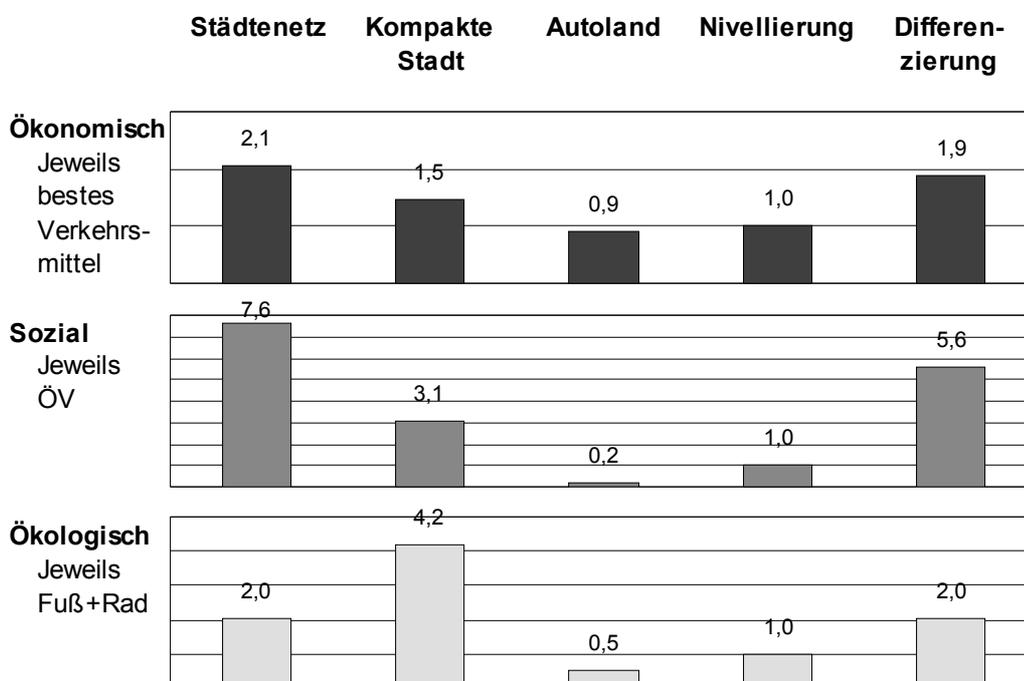


Ohne Gelegenheitencluster und Nahgelegenheiten

ABSOLUTWERTE (POTENTIELLE BEZIEHUNGEN IN MILLIONEN)

	Städtenetz	Kompakte Stadt	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
	Vergleich für Hypothese I				
Fuß	0,3	0,7	0,1	0,1	0,3
Rad	1,3	2,3	0,3	0,6	1,3
ÖV	7,9	3,2	0,2	1,0	5,8
MIV	6,2	5,6	3,4	3,8	7,2
	Vergleich für Hypothese II			Vergleich für Hypothese III	

VERGLEICHENDE BEWERTUNG (NIVELLIERUNG = 1)

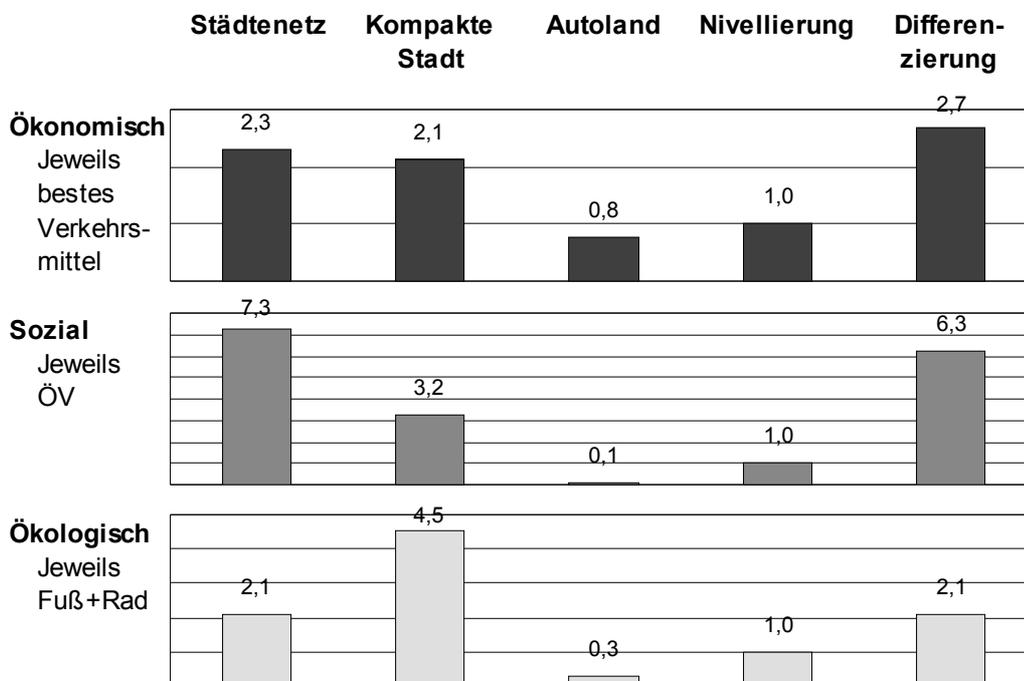


Car-Sharing und Bike&Ride

ABSOLUTWERTE (POTENTIELLE BEZIEHUNGEN IN MILLIONEN)

	Städtenetz	Kompakte Stadt	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
	Vergleich für Hypothese I				
Fuß	1,2	3,2	0,2	0,7	1,2
Rad	5,5	9,4	0,8	2,3	5,4
ÖV	40,8	18,1	0,5	5,6	35,0
MIV	35,6	37,4	13,4	17,7	47,5
	Vergleich für Hypothese II			Vergleich für Hypothese III	

VERGLEICHENDE BEWERTUNG (NIVELLIERUNG = 1)



Nutzersicht: Gelegenheiten-Indikator und variable Nutzerkosten

ABSOLUTWERTE (GELEGENHEITEN IN TAUSEND)

	Städtenetz	Kompakte Stadt	Autoland	Nivellierung	Differenzierung
	Vergleich für Hypothese I				
Fuß	10,1	18,3	3,9	7,0	10,1
Rad	28,2	46,6	15,8	25,1	28,3
ÖV	189,0	109,2	10,0	102,7	133,8
MIV	185,5	187,0	301,8	252,9	235,2
	Vergleich für Hypothese II			Vergleich für Hypothese III	

VERGLEICHENDE BEWERTUNG (NIVELLIERUNG = 1)

