

DEUTSCHES INSTITUT FÜR WIRTSCHAFTSFORSCHUNG

Prof. Dr. Herwig Birg
Braschzeile 20
14109 Berlin

BEITRÄGE ZUR STRUKTURFORSCHUNG

HEFT 86 · 1985

**Leitdatenvorausschätzungen für Verkehrsprognosen
— Konzeption, Modelle und Verbesserungsmöglich-
keiten bisheriger Ansätze**

Von Herwig Birg und Ulrich Voigt
unter Mitarbeit von Jürgen Blazejczak



DUNCKER & HUMBLLOT · BERLIN

Autoren der Studie: Teil 1 — Herwig Birg
Teil 2 — Ulrich Voigt
Teil 3 — Herwig Birg
Abschnitt 3.1.2 — Jürgen Blazejczak

Statistische Arbeiten: Klaus Hilge
Gilles Kauer
Uwe Michalek

Programmierarbeiten: Helmut Göpel
Manfred Franz

Herausgeber: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Königin-Luise-Str. 5, D-1000 Berlin 33

Telefon (0 30) 82 99 10 — Telefax (0 30) 82 99 12 00

BTX-Systemnummer * 2 99 11 #

Schriftleitung: Dr. Hans Joachim Ziesing

Verlag Duncker & Humblot GmbH, Dietrich-Schäfer-Weg 9, D-1000 Berlin 41. Alle Rechte vorbehalten.

Druck: 1985 bei ZIPPEL-Druck, Oranienburger Str. 170, D-1000 Berlin 26.

Printed in Germany.

ISBN 3-428-06020-2

Inhalt

	Seite
Vorbemerkungen	7
1. Möglichkeiten und Grenzen der Vorausschätzung allgemeiner sozioökonomischer Leitdaten für die Verkehrsplanung auf der Basis multiregionaler Modelle	9
1.1 Klassifikation multiregionaler Modelle und Grundsätze für die Bewertung ihrer Eignung für die Prognose von Leitvariablen	9
1.1.1 Klassifikation	9
1.1.2 Grundsätze für die Bewertung	10
1.2 Prinzipien der Modellbildung: Ursachenorientierung, diachronische Dynamik versus Querschnittsdynamik, Homomorphie von Teilmodellen	11
1.2.1 Ursachenorientierung	11
1.2.2 Diachronische Dynamik versus Querschnittsdynamik	12
1.2.3 Homomorphie von Teilmodellen	13
1.3 Bisher erreichter Stand der Modellbildung	15
1.3.1 Die querschnitts-dynamischen Komponentenmodelle des DIW	15
1.3.2 Ein diachronisch-dynamisches Simulationsmodell	21
2. Spezifische Leitdaten für Personen- und Güterverkehrsprognosen	26
2.1 Sozioökonomische und demographische Leitdaten als Grundlagen von Verkehrsprognosen	26
2.2 Die Bedeutung von energiewirtschaftlichen Annahmen für Leitdaten- und Verkehrsprognosen	27
2.3 Entwicklung der Prognosetechniken für die Personenverkehrsnachfrage und Bedarf an sozioökonomischen Leitdaten	28
2.3.1 Aggregierte und disaggregierte Prognosetechniken bei Personenverkehrsvorausschätzungen	28
2.3.2 Verkehrsnachfragemodelle auf der Grundlage von Individualdaten — Individualverhaltensansätze oder disaggregierte Modelle	29
2.3.2.1 Verkehrsnachfragemodelle auf der Grundlage des Konzepts verhaltenshomogener Gruppen	29
2.3.2.1.1 Die Zukunft des europäischen Personenverkehrs (OECD-Studie „Aktion 33“)	29
2.3.2.1.2 Simulation der Auswirkungen einer Energieverknappung in regionalen Verkehrssystemen eines Ballungsraumes	31
2.3.2.1.3 Der Fernverkehr in der Bundesrepublik Deutschland unter Bedingungen einer Energieverknappung	31
2.3.2.1.4 Demographische Determinanten städtischen Personenverkehrs	32
2.3.2.1.5 Mobilität im Personenverkehr	32
2.3.2.1.6 Struktur und Effekte von Faktoren der individuellen Aktivitätennachfrage als Determinanten des Personenverkehrs	33
2.3.2.1.7 Analyse und Projektion der Personenverkehrsnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000	34
2.3.2.2 Verkehrsnachfragemodelle auf der Grundlage individueller Nutzenmaximierung	35
2.3.2.2.1 Mikroökonomische Grundlagen	35
2.3.2.2.2 Multinominales Logitmodell	37
2.3.2.2.3 Probit-Modell	37
2.3.2.2.4 Andere Entscheidungsmodelle	38
2.3.2.2.5 Aggregation individueller Entscheidungswahrscheinlichkeiten	39
2.3.2.2.6 Unabhängige Variable für disaggregierte Nutzenmaximierungsmodelle	42
2.3.2.3 Verkehrsnachfragemodelle auf der Grundlage des Situationsansatzes	44
2.3.3 Grundlegende Leitdaten für Nachfragemodelle des Personenverkehrs auf der Grundlage von personen- und haushaltsbezogenen Individualdaten	46
2.4 Datenbasis und Testrechnungen für disaggregierte Personenverkehrsleitdaten	48
2.5 Entwicklung der Prognosetechniken für die Güterverkehrsnachfrage und Bedarf an sozioökonomischen und demographischen Leitdaten	58

2.5.1	Auswertung vorliegender Nachfragestudien zum Güterverkehr	58
2.5.2	Grundlegende Leitdaten für Nachfragemodelle des Güterverkehrs	59
2.6	Testrechnungen und Datenbasis für Güterverkehrsleitdaten	64
2.6.1	Gütergruppe 1: Landwirtschaftliche Erzeugnisse	65
2.6.1.1	Versand	65
2.6.1.2	Empfang	65
2.6.2	Gütergruppe 2: Nahrungs- und Futtermittel	65
2.6.2.1	Versand	65
2.6.2.2	Empfang	65
2.6.3	Güterbereich 3: Kohle	65
2.6.3.1	Versand	65
2.6.3.2	Empfang	72
2.6.4	Güterbereich 4: Rohöl	72
2.6.4.1	Versand	72
2.6.4.2	Empfang	72
2.6.5	Güterbereich 5: Mineralölprodukte	72
2.6.5.1	Versand	72
2.6.5.2	Empfang	72
2.6.6	Güterbereich 6: Eisenerze	72
2.6.6.1	Versand	72
2.6.6.2	Empfang	73
2.6.7	Güterbereich 7: NE-Metallerze, Schrott	73
2.6.7.1	Versand	73
2.6.7.2	Empfang	73
2.6.8	Güterbereich 8: Eisen, Stahl, NE-Metalle	73
2.6.8.1	Versand	73
2.6.8.2	Empfang	73
2.6.9	Güterbereich 9: Steine und Erden	84
2.6.9.1	Versand	84
2.6.9.2	Empfang	84
2.6.10	Güterbereich 10: Chemische Erzeugnisse, Düngemittel	84
2.6.10.1	Versand	84
2.6.10.2	Empfang	84
2.6.11	Güterbereich 11: Investitionsgüter	84
2.6.11.1	Versand	84
2.6.11.2	Empfang	84
2.6.12	Güterbereich 12: Verbrauchsgüter	93
2.6.12.1	Versand	93
2.6.12.2	Empfang	93
2.6.13	Zusammenfassung der Ergebnisse	93
3.	Konzeption eines realisierbaren Modellsystems zur Vorausschätzung von Leitdaten für Verkehrsprognosen	94
3.1	Aufbau des Modellsystems und gesamtwirtschaftliche Rahmenprognose	94
3.1.1	Überblick über das vorgeschlagene Modellsystem und seine Subsysteme	94
3.1.2	Modell zur langfristigen Prognose der gesamtwirtschaftlichen Rahmendaten	97
3.1.2.1	Übersicht über das DIW-Langfristmodell	97
3.1.2.2	Die zentralen Bausteine des DIW-Langfristmodells	99
3.2	Das Kern-Modell der regionalen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose	104
3.2.1	Zur Wahl des Modelltyps	104
3.2.2	Die Grundstruktur des Modells	105
3.3	Anhangmodelle	114
3.3.1	Zahl und Größe der Haushalte	114
3.3.2	Gliederung der regionalen Wohnbevölkerung in Erwerbspersonen und Nicht-Erwerbspersonen	118
3.3.3	Gliederung der Zahl der Erwerbstätigen nach Wirtschaftssektoren und sozialer Stellung	119
3.3.4	Gliederung der Zahl der Nicht-Erwerbspersonen in Schüler und Studierende, Hausfrauen und Rentner	122

3.3.5	Regionales Einkommens- und Produktionsniveau	123
3.4	Voraussetzungen für eine Anwendung des Modellsystems	125
3.4.1	Datenbedarf und Datenverfügbarkeit	125
3.4.2	Der Aufwand für eine Neuschätzung aller Modellbeziehungen und für Alternativrechnungen ..	126
3.5	Normative Setzungen und politische Abstimmungsprozesse	127
	Literaturverzeichnis	128

Verzeichnis der Übersichten im Text

Übersicht	Seite	
1.1	Klassifikation von quantitativen Modellen nach ihrem Zweck und nach der Art der in ihnen enthaltenen Variablen	10
1.2	Gruppierung der Variablen des Modells	19
2.1	Private Kurzreisen pro Kopf nach Haushaltskategorien	30
2.2	Ferienreisen pro Kopf nach Haushaltskategorien	30
2.3	Private Motorisierung sozioökonomischer Bevölkerungsgruppen in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 1975	47
2.4	Elemente eines regionalstrukturellen Informationssystems	49
2.5	Vergleich der Ergebnisse für die Wohnbevölkerung zu den Raumeinheiten 1978	52-54
2.6	Vergleich der Ergebnisse für den PKW-Bestand zu den Raumeinheiten 1978	55-57
2.7	Synopsis der Güterbereiche und korrespondierenden Hauptgütergruppen	60
2.8	Bestimmungsfaktoren des globalen Transportaufkommens	61
2.9	Bestimmungsfaktoren des regionalen Güterverkehrs	62
2.10	Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten	66
2.10	Versand der Regionen: Güterbereich 1 — Landwirtschaftliche Erzeugnisse	66
2.11	Empfang der Regionen: Güterbereich 1 — Landwirtschaftliche Erzeugnisse	67
2.12	Versand der Regionen: Güterbereich 2 — Nahrungs- und Futtermittel	68
2.13	Empfang der Regionen: Güterbereich 2 — Nahrungs- und Futtermittel	69
2.14	Versand der Regionen: Güterbereich 3 — Kohle	70
2.15	Empfang der Regionen: Güterbereich 3 — Kohle	71
2.16	Versand der Regionen: Güterbereich 4 — Rohöl	74
2.17	Empfang der Regionen: Güterbereich 4 — Rohöl	75
2.18	Versand der Regionen: Güterbereich 5 — Mineralölprodukte	76
2.19	Empfang der Regionen: Güterbereich 5 — Mineralölprodukte	77
2.20	Versand der Regionen: Güterbereich 6 — Eisenerze	78
2.21	Empfang der Regionen: Güterbereich 6 — Eisenerze	79
2.22	Versand der Regionen: Güterbereich 7 — NE-Metallerze, Schrott	80
2.23	Empfang der Regionen: Güterbereich 7 — NE-Metallerze, Schrott	81
2.24	Versand der Regionen: Güterbereich 8 — Eisen, Stahl, NE-Metalle	82
2.25	Empfang der Regionen: Güterbereich 8 — Eisen, Stahl, NE-Metalle	83
2.26	Versand der Regionen: Güterbereich 9 — Steine und Erden	85
2.27	Empfang der Regionen: Güterbereich 9 — Steine und Erden	86
2.28	Versand der Regionen: Güterbereich 10 — Chemische Erzeugnisse, Düngemittel	87
2.29	Empfang der Regionen: Güterbereich 10 — Chemische Erzeugnisse, Düngemittel	88
2.30	Versand der Regionen: Güterbereich 11 — Investitionsgüter	89
2.31	Empfang der Regionen: Güterbereich 11 — Investitionsgüter	90
2.32	Versand der Regionen: Güterbereich 12 — Verbrauchsgüter	91
2.33	Empfang der Regionen: Güterbereich 12 — Verbrauchsgüter	92
3.1	Überblick über das Modellsystem und seine Subsysteme	95
3.2	Kurzbeschreibung des DIW-Langfristmodells (Berliner Version des Bonner Modells), Version 1982/1	98
3.3	Gliederung der regionalen Wohnbevölkerung in sozioökonomische Gruppen	119
3.4	Überblick über die Ansätze zur Sektoralisierung	121

Verzeichnis der Tabellen im Text

Tabelle		Seite
1.1	Die zeitlichen Entwicklungspfade der Modellvariablen in einem diachronisch-dynamischen Simulationsmodell	23
1.2	Die Wirkung der Parameteränderungen auf die Entwicklungspfade der Modellvariablen.....	24
3.1	Multiple Regressionsanalyse der interregionalen Beschäftigtenstruktur 1970	110
3.2	Multiple Regressionsanalyse der interregionalen Beschäftigtenstruktur 1978	111
3.3	Multiple Regressionsanalyse der interregionalen Beschäftigtenstruktur für 4 zusammengefaßte Sektoren 1970	114
3.4	Multiple Regressionsanalyse der interregionalen Beschäftigtenstruktur für 4 zusammengefaßte Sektoren 1978	115

Verzeichnis der Schaubilder im Text

Schaubild		
1.1	Klassifikation von Ursachenkategorien	12
2.1	Illustration of Aggregation Bias with Hypothetical Example	40
3.1	Eine Übersicht über die Berliner Version des Bonner Modells.....	100
3.2	Zusammenhänge zwischen den Binnenwanderungen, der Zahl der Einwohner und der Veränderung des Arbeitsplatzbestandes	109

Vorbemerkungen

Verkehrsprognosen können nicht autonom aus der bisherigen Entwicklung des Verkehrssektors abgeleitet werden. Sie setzen vielmehr Analysen der Zusammenhänge zwischen Verkehrsnachfrage und Bevölkerungs-, Siedlungs- und Wirtschaftsstruktur voraus. Als Basis von Verkehrsprognosen werden daher Vorausschätzungen der ökonomischen und demographischen Entwicklung benötigt.

Das Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung hat in den vergangenen Jahren solche Prognosen von „Leitdaten“ vorgelegt, die als prognostische Basis in die Arbeiten zur Bundesverkehrswegeplanung eingegangen sind.

Für die nächsten Stufen des Planungsprozesses sollen nunmehr Prognosen erstellt werden, die methodische Veränderungen und Neuentwicklungen sowohl bei ökonomischen und demographischen Regionalmodellen als auch im Verkehrsbereich berücksichtigen.

Der Bundesminister für Verkehr hat daher das DIW beauftragt, einen Vorschlag für ein Modellsystem zur Vorausschätzung von regionalisierten Leitdaten zu erarbeiten, das den genannten Verbesserungen Rechnung trägt. Die Ergebnisse der Arbeiten werden hiermit vorgelegt.

Ein Teil dieser Studie entstand während des Forschungsaufenthalts eines der Autoren (Ulrich Voigt) am Massachusetts Institute of Technology, Cambridge/USA im Jahre 1982. Dieser Aufenthalt wurde durch ein Stipendium der Fritz Thyssen Stiftung ermöglicht, der hiermit herzlich gedankt sei.

1. Möglichkeiten und Grenzen der Vorausschätzung allgemeiner sozioökonomischer Leitdaten für die Verkehrsplanung auf der Basis multiregionaler Modelle

1.1 Klassifikation multiregionaler Modelle und Grundsätze für die Bewertung ihrer Eignung für die Prognose von Leitvariablen

1.1.1 Klassifikation

Die für diese Untersuchung zweckmäßigste Definition des Begriffs „Modell“ bzw. „Prognosemodell“ ist folgende: Ein Modell ist der in einer formalen Sprache formulierte Ausdruck einer Theorie, mit der das Ziel verfolgt wird, bestimmte Phänomene der sozioökonomischen Entwicklung zu beschreiben bzw. zu erklären, um darauf aufbauend Aussagen über die künftige Entwicklung zu gewinnen.

Die Entwicklung eines derartigen Modells gliedert sich in folgende Schritte: 1. Reduktion der komplexen Realität zu quantitativ meßbaren Variablen, 2. Identifikation von Beziehungen zwischen den Variablen (Gleichungen und Ungleichungen etc.), 3. Zusammenstellung der Variablen und Beziehungen in einem konsistenten, widerspruchsfreien Rahmen („Modell“ i.e.S.).

Modelle über sozioökonomische Entwicklungen können nach verschiedenen Gesichtspunkten klassifiziert werden. Sieht man von den theoretischen Modellen ab, die nicht primär im Hinblick auf eine Anwendung in der maßnahmenorientierten Praxis entwickelt werden, so bietet sich für die Gruppe der anwendungsbezogenen Modelle eine Gliederung nach Modellzwecken an, die sich nach dem Anwendungsbereich und nach der verhaltensmäßigen Umsetzung unterscheiden.

Im folgenden wird eine doppelte Gliederung nach dem Modellzweck und nach der Art des Modells vorgenommen (vgl. Übersicht 1.1). Der Modellzweck kann entweder darin bestehen, die Einsicht in die ursächlichen Zusammenhänge für eine Entwicklung in der Vergangenheit zu vertiefen (Erklärungsmodell) oder möglichst treffsichere Aussagen über die künftige Entwicklung zu gewinnen (Prognosemodell).

Bei der Unterscheidung nach der Art des Modells wird auf den wichtigen Gesichtspunkt abgestellt, ob das Modell explizite Instrumentvariablen enthält, die vom Staat kontrolliert werden können (Steuersätze, Verkehrstarife, öffentliche Ausgaben, Umweltrestriktionen u.ä.), um die Entwicklung in Richtung auf bestimmte Ziele zu beeinflussen, oder ob es sich bei den Variablen um Größen handelt, in denen die Wirkungen staatlicher Maßnahmen implizit zwar auch enthalten sind, die es aber nicht ermöglichen, den Wirkungsbeitrag von politischen Maßnahmen (Variationen der Instrumentvariablen) zu berechnen, von dem die numerischen Werte aller Größen des Modells direkt oder indirekt beeinflusst werden.

Modelle ohne explizite Instrumentvariablen werden im folgenden als Modelle vom *Typ I*, solche mit expliziten Instrumentvariablen als Modelle vom *Typ II* bezeichnet (Erklärungsmodelle vom *Typ I* bzw. *Typ II* und Prognosemodelle vom *Typ I* bzw. *Typ II*).

Eine weitere wichtige Kategorie bei der Klassifikation von Modellen ergibt sich aus der Gruppierung der Variablen in exogene, nicht innerhalb des Modells erklärte Größen und in endogene Variablen, die im Modell selbst bestimmt werden. Diese Einteilung wird bereits in einer sehr frühen Phase der Modellentwicklung festgelegt und bestimmt auf das Stärkste die Aussagekraft (Treffericherheit bei zukunftsbezogenen Aussagen) und die späteren Einsatzmöglichkeiten in der Praxis. Das Problem, ob eine Variable als exogene oder endogene Größe zu behandeln sei, führt zu Fragen, die im strengen Sinn nicht entscheidbar sind, weil ihre Beantwortung vom theoretischen Hintergrund und von zahlreichen Ad-hoc- und A-priori-Entscheidungen abhängt, die bereits in der Anfangsphase der Modellentwicklung getroffen werden müssen, um die Komplexität der Phänomene zu konkreten Variablen und quantitativen Beziehungen reduzieren zu können.

Aus diesem Grund ist es wichtig, daß der eigentliche Anwendungszweck schon im ersten Stadium der Modellentwicklung definiert und in allen späteren Schritten im Auge behalten wird. Bei den meisten Modellen ist allerdings die nähere Zweckbestimmung unklar. Zu den Modellen mit nicht eindeutiger Zweckbestimmung werden

Übersicht 1.1

Klassifikation von quantitativen Modellen nach ihrem Zweck und nach der Art der in ihnen enthaltenen Variablen

		Modellzweck	
		Aussagen über die Vergangenheit	Aussagen über die Zukunft
Art der Variablen	Modelle mit nur <u>implizit</u> enthaltenen Zielen, ohne Instrumentvariablen	<u>Erklärungsmodelle Typ I</u> Deskriptionsmodelle, Bestimmung der Variablen ex post	<u>Prognosemodelle Typ I</u> Bestimmung der Variablen ex ante
	Modelle mit <u>expliziten</u> Zielen und Instrumentvariablen	<u>Erklärungsmodelle Typ II</u> Verwendung der Vergangenheitswerte für die Instrumentvariablen	<u>Prognosemodelle Typ II</u> Bestimmung der Werte der Instrumentvariablen außerhalb des Modells durch eine Wahrscheinlichkeitsprognose
		<u>Simulationsmodelle</u> Bestimmung der Werte der Instrumentvariablen außerhalb des Modells durch alternative Setzung	
		<u>Optimierungsmodelle</u> Bestimmung der Werte der Instrumentvariablen innerhalb des Modells	

hier die Simulationsmodelle gerechnet. Ihr Zweck kann darin bestehen, die Einsicht in die Wirkungszusammenhänge für eine abgelaufene Periode zu vertiefen, indem die ex post bekannten Werte der Instrumentvariablen variiert werden, um nicht realisierte, aber denkbare Möglichkeiten der Entwicklung ex post zu simulieren. Werden diese Simulationen in der Absicht angewandt, Anhaltspunkte für die möglichen bzw. wahrscheinlichen Werte der Instrumentvariablen in der Zukunft zu gewinnen, so lassen sich Simulationsmodelle auch der Gruppe der Prognosemodelle zuordnen. In der vorliegenden Übersicht wird die Zuordnung offen gelassen.

Auch die Entscheidungs- bzw. Optimierungsmodelle nehmen in der vorgeschlagenen Klassifikation eine besondere Stellung ein. Sie enthalten neben expliziten Instrumentvariablen auch Ziele, die in Form von Zielfunktionen und Restriktionen formal präzise spezifiziert sind. Ihr Zweck besteht darin, die im Sinne der Ziele optimalen Werte der Instrumentvariablen zu ermitteln. So wie bei den Simulationsmodellen kann auch hier die Absicht der Berechnungen darin bestehen, die optimalen Werte für die Vergangenheit abzuleiten, um den nicht realisierten, aber potentiellen Zielerfüllungsgrad für eine bereits abgelaufene Politik festzustellen, oder aber darin, Kenntnisse über die Soll-Werte der Instrumentvariablen für eine künftige Phase zielorientierten Handelns zu gewinnen. Je stärker sich die praktische Politik an diesen Soll-Werten orientiert, desto eher ist eine Zuordnung dieser Modelle zur Gruppe der Prognosemodelle gerechtfertigt, weil sie im Planungsprozeß die Funktion haben, zukunftsbezogene Aussagen zu liefern.

1.1.2 Grundsätze für die Bewertung

Im Hinblick auf die gestellte Aufgabe, ein Modell zu entwickeln, das zukunftsbezogene Aussagen als Grundlage für planerische und maßnahmenorientierte staatliche Aktivitäten im Bereich der Bundesverkehrswegeplanung liefern soll, ergibt sich aus dem bisher Gesagten ein eindeutiges Votum für die Gruppe der Optimierungsmodelle: Nur sie enthalten quantitative Zielfunktionen, Instrumentvariablen und Wirkungszusammenhänge, aus denen sich numerische Soll-Größen für die im Sinne der explizierten Ziele und Restriktionen

optimale Werte der Instrumentvariablen ableiten lassen. Der Prozeß der Ableitung ist durchschaubar, intersubjektiv vermittelbar und nachprüfbar — Eigenschaften, die im übrigen von jeder rationalen politischen Planung gefordert werden sollten.

Die Bewertung der verschiedenen Arten von Modellen kann daher in einem *rein theoretischen Argumentationszusammenhang* nur zu folgender Rangfolge der Eignung führen:

Rangfolge der Eignung:

- Optimierungsmodelle
- Simulationsmodelle
- Prognosemodelle Typ II
- Prognosemodelle Typ I

In einem pragmatischen, an den *Handlungsmöglichkeiten orientierten Argumentationszusammenhang* müssen die aus theoretischer Sicht anzusetzenden Bewertungskriterien um zahlreiche Gesichtspunkte erweitert werden. Das bedeutet aber nicht, daß die theoretischen Kriterien dadurch ihr Gewicht verlieren. Zu den pragmatischen Kriterien gehören

- der sachliche und personelle Aufwand und der vorgegebene zeitliche Rahmen für die Entwicklung eines Modells,
- die praktisch-technische Handhabbarkeit des Modells (EDV-Implementation u.ä.),
- die Anpassungsfähigkeit des Modells an nachträgliche Veränderungen bei der Datenlage und bezüglich der gestellten Aufgaben.

Im folgenden sollen die bereits entwickelten multiregionalen Modelle für die Bundesrepublik dargestellt werden. Dabei müssen neben den genannten Bewertungskriterien weitere Gesichtspunkte beachtet werden, beispielsweise die

- Feinheit und Flexibilität der regionalen Differenzierung sowie die Zahl und Art der exogenen und endogenen Variablen,
- Treffsicherheit der prognostischen Aussagen,
- Informationsausschöpfungskapazität im Hinblick auf die Möglichkeit, das vorhandene empirische und theoretische Wissen in das Modell einzubeziehen.

Die Erhöhung der Informationsausschöpfungskapazität ist eines der wichtigsten Ziele der Modellbildung. Sowohl in der theoretischen Literatur als auch in der Praxis der Modellentwicklung wird dieser Gesichtspunkt im allgemeinen vernachlässigt.

Der Gesichtspunkt der Informationsausschöpfungskapazität deckt sich weitgehend mit dem Gesichtspunkt der Treffsicherheit: zukunftsrelevantes Wissen, das zwar verfügbar ist, aber infolge einer unflexiblen Modellstruktur nicht berücksichtigt werden kann, reduziert den sonst möglichen Grad an Treffsicherheit.

1.2 Prinzipien der Modellbildung: Ursachenorientierung, diachronische Dynamik versus Querschnittsdynamik, Homomorphie von Teilmodellen

1.2.1 Ursachenorientierung

Einer der Kernpunkte der Modellbildung ist die Verknüpfung der endogenen und exogenen Variablen in strukturellen Beziehungen. Ein Modell, das für die Anwendung in der Praxis entwickelt wird, sollte vor allem solche Beziehungen berücksichtigen, die sich auf Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge zurückführen lassen.

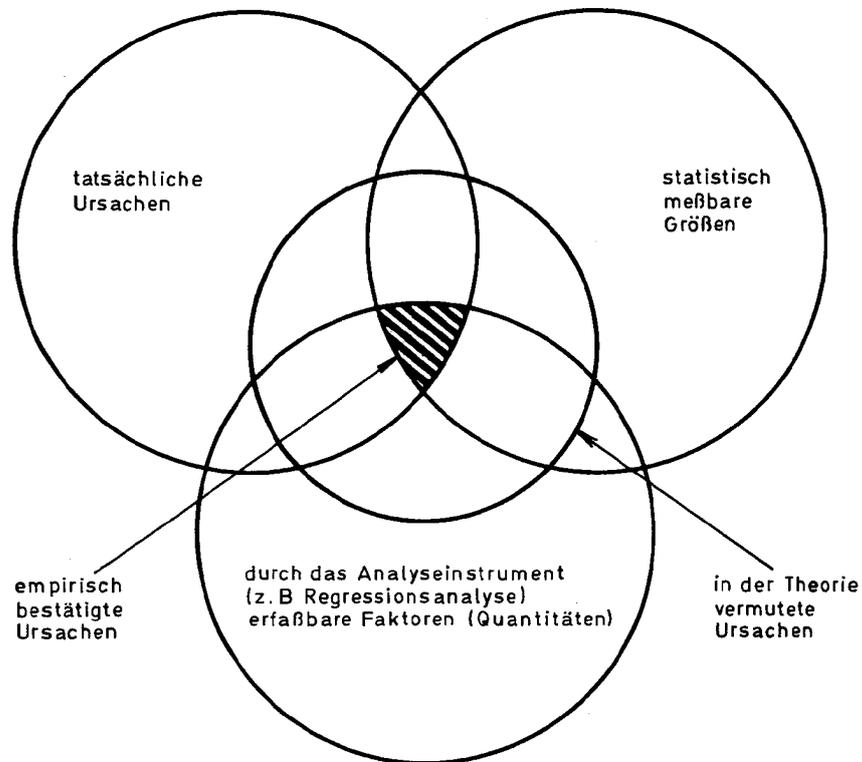
In Schaubild 1.1 wird zwischen vier Arten von ursachenbezogenen Größen unterschieden:

- in der Theorie vermutete Ursachen,
- durch die Art des Analyseinstruments erfaßbare Faktoren (beispielsweise bei der Regressionsanalyse ausschließlich numerische bzw. numerisierbare Größen),
- statistisch meßbare Größen und
- tatsächliche Ursachen.

Für die Entwicklung eines quantitativen Modells ist letztlich nur die Schnittmenge dieser vier Mengen relevant: Diese Schnittmenge enthält die empirisch *bestätigten* Ursachen (vgl. Schaubild 1.1).

Schaubild 1.1

Klassifikation von Ursachenkategorien



Es bietet sich an, die Klasse der ursachenorientierten Modelle als jene Modellgruppe zu definieren, die auf die Vergrößerung der Schnittmenge der vier Mengen abstellt. Nicht-ursachenorientiert sind nach dieser Definition z.B. die autoregressiven Modelle, die zwar oft einen im statistischen Sinn hohen Bestätigungsgrad aufweisen (gemessen beispielsweise an Hand der Determinationskoeffizienten von multiplen Regressionsfunktionen), deren Strukturbeziehungen aber nicht gezielt nach dem Grundsatz gebildet wurden, die Schnittmenge der ursachenorientierten Größen zu maximieren.

Die Unterscheidung der vier ursachenorientierten Mengen richtet sich zwar in erster Linie an theoretischen Gesichtspunkten aus, sie ist aber als erkenntnisleitender Grundsatz gerade auch in der Praxis der Modellbildung von Bedeutung, denn die entsprechenden Wahlentscheidungen bei der Verknüpfung der Variablen werden oft nur auf Grund von intuitiv gewonnenen oder aus der Erfahrung entstandenen, häufig sogar nur unbewußten Kriterien getroffen, die allenfalls ex post bewußt gemacht bzw. rationalisiert werden können.

1.2.2 Diachronische Dynamik versus Querschnittdynamik

Bei der Anlage eines Modells ergeben sich zwei prinzipiell verschiedene Möglichkeiten, dem Aspekt der Dynamik sozioökonomischer Entwicklung Rechnung zu tragen. Theoretisch gesehen sind alle Ursache-Wirkungsbeziehungen in das Medium „Zeit“ eingebettet, so daß Strukturbeziehungen, die auf den Gesichtspunkt der Dynamik abstellen, jede bewirkte Variable auf Wirkungsgrößen vorangegangener Perioden zurückführen müssen:

$$X_t^r = f(X_{t-1}^r, \dots, X_{t-r}^r); \quad \begin{array}{l} r = \text{Region} \\ t = \text{Perioden} \end{array}$$

In diese Beziehung können weitere zeitverzögerte Wirkungsfaktoren Y_t^r, Z_t^r, \dots einbezogen werden. Beziehungen dieser Art werden im folgenden als *diachronisch-dynamisch* bezeichnet und von Beziehungen des Typs

$$X_t^r = f_t(X_t^s, X_t^u, X_t^v, \dots); \quad r, s, u, v, \dots = \text{Regionen}$$

unterschieden, die hier als *querschnitts-dynamisch* bezeichnet werden sollen. Zur Gruppe der querschnitts-dynamischen Beziehungen gehören beispielsweise Zusammenhänge, mit denen die Gemeindegrößenklassenstruktur der Bevölkerungsverteilung beschrieben wird: Bezeichnet X_t^r die Zahl der Einwohner in der Gemeindegrößenklasse 0 bis 20 000 Einwohner, so kann diese Variable zu den Einwohnerzahlen in den Größenklassen 20–50 000 (X_t^s), 50–100 000 (X_t^u) und 100 000 u.m. (X_t^v) in Beziehung gesetzt werden. Wichtig ist, daß die *Funktionsbeziehung* f_t im Gegensatz zu diachronisch-dynamischen Beziehungen *zeitabhängig* ist: In verschiedenen Perioden kann jeweils eine andere Beziehung zwischen den Variablen herrschen.

Die Verwendung querschnitts-dynamischer Beziehungen bei der Modellbildung scheint vor allem deshalb geboten, weil sie sich in der empirischen Analyse als besonders stabil herausgestellt haben. So weisen beispielsweise Gravitationsmodelle des Typs

$$W_t^{rs} = f_t(X_t^r, X_t^s) \quad ;$$

$r, s =$ Regionen
 $X =$ Vektor regionaler Merkmale
 $W^{rs} =$ Wanderungen von r nach s

entweder eine bemerkenswerte Parameterstabilität auf, oder aber die Veränderungen der Parameter folgen relativ stabilen Trends.

Ein Beispiel für eine stabile Trendentwicklung einer querschnitts-dynamischen Beziehung sind die nach Kohorten differenzierbaren altersspezifischen Fruchtbarkeitsziffern¹. Auch für Wanderungsvariablen lassen sich querschnitts-dynamische Beziehungen mit stetigen Parameterentwicklungen spezifizieren, jedenfalls deuten die in Arbeit befindlichen empirischen Analysen in diese Richtung. Weitere Beispiele bilden die interregionale Verteilung der „Standortfaktoren“ (in der Definition der Shift-Analyse, vgl. Teil 3.2.2), die interregionalen Verteilungen der Pendlersalden sowie der alters- und geschlechtsspezifischen Erwerbsquoten, die sektorspezifische Verteilung der Erwerbstätigen, die Verteilung der Arbeitslosenquoten und die Verteilung anderer Größen.

Auch wenn die Stabilität bzw. die stabile Veränderung dieser Verteilungen gedanklich auf das Zusammenwirken einer Vielzahl von diachronisch-dynamischen Einzelprozessen (Wohnortentscheidungen der Individuen, Standortentscheidungen wie Betriebswanderungen etc.) zurückgeführt werden müssen, so spricht nicht nur nichts dagegen, das Ergebnis der vielfältigen Prozesse — nämlich die querschnitts-dynamischen Strukturen — bei der Anlage von Modellen zu berücksichtigen, es läßt sich vielmehr behaupten, daß ein empirisches Modell mit ausschließlich diachronisch-dynamischen Beziehungen einem entsprechenden Modell, das beide Gruppen von Beziehungen enthält, im Hinblick auf die prognostische Qualität unterlegen sein muß.

Die Einbeziehung beider Arten von Beziehungen entspricht auch dem Grundsatz der Ursachenorientierung: So lange nicht alle diachronisch-dynamischen Wirkungsbeziehungen empirisch bestätigt, d.h. in die Schnittmenge des Kernbereichs der obengenannten vier ursachenorientierten Größen einbezogen werden können, müssen wenigstens die Folgen der diachronisch-dynamischen Teilprozesse berücksichtigt werden, soweit sie sich in den querschnitts-dynamischen Beziehungen niederschlagen. Eine Konsequenz dieser Überlegungen ist das Prinzip der maximalen Informationsausschöpfung bei der Bildung von Prognosemodellen und die darauf abgestellten verfahrensmäßigen Konstruktionsprinzipien, auf die im folgenden eingegangen wird.

1.2.3 Homomorphie von Teilmodellen

In den meisten nicht an Anwendungsgesichtspunkten orientierten Modellen dient die formale axiomatische Spezifizierung sämtlicher dem Modell zugrunde liegenden Basisannahmen, beispielsweise die Spezifizierung der Verteilungsgesetze der Störvariablen in der Ökonometrie, primär dem Ziel, die abgeleiteten Ergebnisse überprüfbar zu machen, weniger dem Ziel, die Wahl der Prämissen zu begründen und sie gegen konkurrierende Prämissen zu verteidigen. Bei derartigen Modellen wird dem Prozeß der Ergebnisermittlung gegenüber dem Interesse, möglichst zuverlässige Ergebnisse zu gewinnen, eine vergleichsweise hohe Priorität eingeräumt.

Eine Konsequenz dieser Position ist es, daß die verschiedenen Teilmodelle bzw. die Basisannahmen der Teilmodelle, aus denen größere Modelle meist bestehen, im Hinblick auf ihre Bedeutung für das Zustandekommen der *Gesamtheit* der Modellergebnisse stark differieren. Auch wenn dieser Gedanke hier nicht im einzelnen expli-

¹ Vgl. H. Birg: Bevölkerungsentwicklung. In: Die Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf Struktur und Niveau der Gesamtnachfrage. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1981 (unveröffentlicht).

ziert werden kann, soll ein weiterer Grundsatz der Modellentwicklung, der sich aus diesem Gedanken ergibt, formuliert werden — der Grundsatz homomorpher Teilmodelle.

Unter einem *homomorphen Modell* wird ein Modellsystem, bestehend aus Teilmodellen, verstanden, bei dem die Basisannahmen der verschiedenen Teilmodelle so gewählt werden, daß die Wahrscheinlichkeit ihres Zutreffens nicht nur möglichst hoch, sondern bei allen Annahmen in allen Teilmodellen *gleich* ist. Nicht homomorph in diesem Sinn sind insbesondere Modelle, bei denen die wichtigen Basisannahmen unsicher und die weniger wichtigen vergleichsweise sicher sind.

Mit dem Grundsatz der homomorphen Modellbildung wird eine Betrachtungsebene eingeführt, die sich von der Betrachtungsebene bei der Ableitung der zuvor erörterten Grundsätze in einem wichtigen Punkt unterscheidet: Stand bisher das Verhältnis Modell-Realität im Vordergrund, so wird nun das Verhältnis zwischen verschiedenen konkurrierenden Modellen betrachtet. Der Gesichtspunkt der Homomorphie wird in der Literatur häufig ausgeklammert. Für die anwendungsbezogenen Modelle ist er jedoch von größter Bedeutung.

Für das hier zu entwickelnde Gesamtmodell, das aus einem Kern-Modell und einer Reihe von Anhangmodellen besteht, führt das Problem der Homomorphie zu Fragen folgender Art:

- Wie stark können die im Kern-Modell enthaltenen Leitvariablen der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung inhaltlich und regional differenziert werden, ohne daß der Fehlerspielraum der aus dem Kern-Modell abgeleiteten verkehrsspezifischen Leitvariablen zu groß ist?
- Wie stark dürfen verkehrsspezifische Leitvariablen aggregiert werden, mit dem Ziel, die Anforderungen an die Differenzierung des Kern-Modells möglichst zu beschränken, ohne daß durch die Aggregation prognostisch relevante Informationen bezüglich der verkehrsrelevanten Variablen verlorengehen?

Die Antwort auf diese Fragen zu geben bedeutet, die getroffenen Entscheidungen bei der Modellbildung an Hand der fertigen Modelle detailliert zu begründen — ein Vorhaben, das im Detail erst nach Abschluß der Entwicklung eines neuen Modells zu leisten ist. An Stelle einer detaillierten Begründung sei deshalb die Grundstruktur des vorgeschlagenen Gesamtmodells lediglich wiedergegeben, nicht im einzelnen begründet.

Das Gesamtmodell für die Leitvariablen gliedert sich in ein Kern-Modell mit internen Rückkopplungen und in eine Gruppe von Modellen zur Aufschlüsselung der Variablen des Kern-Modells nach mehr oder weniger heuristischen Verfahren (= Anhangmodelle):

Untergliederung des Kern-Modells in Teilmodelle:

Teilmodelle der Bevölkerungsentwicklung

- Geburten
- Sterbefälle
- Wanderungen

Teilmodelle der Wirtschaftsentwicklung

- Arbeitsplätze
- Erwerbstätige
- Pendlersalden
- Arbeitslose

Untergliederung des Anhangmodells in Teilmodelle:

- Zahl und Größe der Haushalte
- Beschäftigte nach Sektoren
- Bruttoinlandsprodukt
- sozioökonomische Gruppen (Hausfrauen, Schüler und Studenten, Rentner)

Die rückkopplungsfreie Verknüpfung des Kern-Modells mit den Anhangmodellen fordert zu berechtigter Kritik heraus, insbesondere aus theoretischer Sicht, wenn auch das der Kritik zugrunde liegende Argument der Interdependenz aller sozioökonomischen Vorgänge als abstrakt und inhaltsleer erscheint. Es ist — als Gegenargument — aus dem bisher Gesagten der Schluß zu ziehen, daß rein theoretische Gesichtspunkte nur *eines* der Bewertungskriterien für die Beurteilung von anwendungsbezogenen Modellen bilden, und vermutlich nicht einmal das wichtigste. Die Berücksichtigung von Rückkopplungen zwischen beiden Modellbereichen übersteigt gegenwärtig noch die kapazitätsmäßigen Möglichkeiten der an Anwendungszielen orientierten Forschung. Eine Einbeziehung von Rückkopplungen um jeden Preis würde aus technisch-praktischen Gründen erhebliche Abstriche bei der Disaggregation der Variablen und Regionen erforderlich machen und dadurch das Erreichen der gesteckten Ziele eher erschweren.

1.3 Bisher erreichter Stand der Modellbildung

1.3.1 Die querschnitts-dynamischen Komponentenmodelle des DIW

Im DIW wurden zwei multiregionale Modelle entwickelt, die beide auf der Arbeitsmarktbilanz als Rahmen für die Konsistenz der Strukturbeziehungen und der Ergebnisse beruhen. Die beiden Modelle unterscheiden sich nach der Detailliertheit der verwendeten Variablen, nach der Informationsausschöpfungskapazität und nach der Art der Lösungsermittlung (*iterativ bzw. simultan*).

In dem Modell von W. Kirner wird die Arbeitsmarktbilanz wie folgt spezifiziert (1970=Basisjahr; 1990=Prognosejahr)²:

$$(1.1) \quad \xi_r^1(90) \bar{B}^r(90) + PS^r(90) = A^r(70) \cdot VU^r + VA^r$$

Hierin bedeuten:

- r = 1, ..., 79 Regionen
- $\bar{B}^r(90)$ = Bevölkerungszahl 1990
- $\xi_r^1(90)$ = Erwerbstätigenquote (nicht Erwerbsquote) 1990
- $A^r(70)$ = Arbeitsplatzbestand im Basisjahr 1970
- $PS^r(90)$ = Pendlersaldo 1990
- VU^r = Strukturfaktor der Arbeitsplatzentwicklung im Prognosezeitraum 1970-90 (Shift-Analyse)
- VA^r = Standorteinfluß der Arbeitsplatzentwicklung im Prognosezeitraum 1970-90 (Shift-Analyse)

Die einzelnen Variablen werden wie folgt ermittelt:

- Bevölkerung:** Jahrgangsspezifische Bevölkerungsfortschreibung der Basisbevölkerung unter Ein-schluß von Wanderungen, für die eine Trendextrapolation durchgeführt wurde³.
- Erwerbstätigenquoten:** Ermittlung an Hand der prognostizierten Bevölkerung unter Ansatz von alters-, geschlechts- u. regionsgruppenspezifischen Annahmen über Erwerbsquoten.
- Pendlersaldo:** Schätzungen auf der Basis der Pendlersalden von 1970 (Volkszählung).
- Strukturfaktor³:** Berechnungen auf der Basis von Annahmen über die sektoralen Wachstumsraten auf Bundesebene.
- Standorteinfluß⁴:** Schätzungen auf der Basis des Standorteinflusses im Zeitraum 1961-70 (Arbeitsstät-tenzählungen).

Der Prozeß der Ergebnisermittlung ist iterativ: Zunächst werden die einzelnen Variablen auf die geschilderte Weise unabhängig voneinander ermittelt. In einem zweiten Schritt werden die ermittelten Größen in die Arbeitsmarktbilanzen der Regionen (und der Bundesrepublik insgesamt) eingesetzt und nach einem nicht formalisierten Verfahren nach Plausibilitäts Gesichtspunkten so verändert, daß beide Seiten der Bilanz übereinstimmen. Die Bevölkerungsvariable und der Strukturfaktor werden hierbei als exogenes Datum behandelt.

Das Modell enthält folgende Schwächen:

1. Die Variablen werden zunächst isoliert voneinander ermittelt (Partialmodelle). Abhängigkeiten zwischen den Variablen können allenfalls bei der iterativen Abstimmung im zweiten Schritt der Ergebnisermittlung berücksichtigt werden, bzw. sie bleiben gänzlich unberücksichtigt (beispielsweise Wanderungen-Arbeitsplätze u.a. Zusammenhänge). Das entsprechende Verfahren wurde nicht mit anderen denkbaren Ausgleichsverfahren im Hinblick auf seine Eignung verglichen.
2. Es wird angenommen, daß die Arbeitsmarktbilanzen ausgeglichen sind. Durch die Verwendung von Erwerbstätigenquoten an Stelle von Erwerbsquoten werden keine Aussagen über den Umfang von Arbeitslosigkeit getroffen.

² W. Kirner: Projektion von Komponenten der wirtschaftlichen Entwicklung in den Regionen. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1975 (unveröffentlicht).

³ H. Birg: Analyse und Prognose der Bevölkerungsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland und in ihren Regionen bis zum Jahr 1990, Duncker u. Humblot, Berlin 1975, sowie weitere (nicht publizierte) Berechnungen nach dem gleichen Ansatz.

⁴ Zu einer Definition dieser Begriffe vgl. die Gleichungen 1.2.12 bis 1.2.15.

Mit dem alternativen Modell wurde versucht, an den genannten Stellen Verbesserungen zu erreichen. Dabei wurde das Ziel einer möglichst großen Informationsausschöpfungskapazität verfolgt⁵. Die Arbeitsmarktbilanz enthält folgende Größen:

(1.2)

$$\xi_{BN}^I(90) \cdot BN^I(90) + \eta_{ZB}^I \cdot ZB^I(K) + \eta_{ZA}^I \cdot ZA^I(K) - \eta_{FB}^I \cdot FB^I(K) - \eta_{FA}^I \cdot FA^I(K) + PS^I = A^I(70) \cdot VU^I + VA^I + AL^I$$

Das *Angebot an Arbeit* wird in folgende 6 Komponenten zerlegt (NG_1, \dots, NG_6):

Komponente 1: Natürliche Bevölkerungsentwicklung

Diese Komponente ist das Produkt des Bevölkerungsbestandes $BN^I(90)$ im Jahre 1990, der sich aus der natürlichen Bevölkerungsentwicklung *des Anfangsbestandes* von 1970 ergibt (Fortschreibung des Anfangsbestandes aufgrund von Geburten und Sterbefällen), mit der Erwerbsquote $\xi_{BN}^I(90)$, die zu dieser Komponente des regionalen Bevölkerungsbestandes gehört:

(1.2.1)
$$\text{Komponente 1: } NG_1^I(90) = \xi_{BN}^I(90) \cdot BN^I(90)$$

Komponenten 2 und 3: Zuzüge aus anderen Regionen und aus dem Ausland

Die *kumulierten* jährlichen Zuzüge zwischen 1970 und 1990 aus anderen Regionen bzw. aus dem Ausland werden mit $ZB^I(K)$ bzw. $ZA^I(K)$ bezeichnet:

(1.2.2)
$$ZB^I(K) = \sum_{t=70}^{89} ZB^I(t); ZA^I(K) = \sum_{t=70}^{89} ZA^I(t)$$

Basiszeitpunkt der Prognose ist der Volkszählungstichtag (27.5.1970), Endzeitpunkt entsprechend der 26.5.1990. In den dazwischen liegenden 20 Jahren liegen je 20 Zu- und Fortzugsströme. Die letzten für den Bevölkerungsbestand am 26.5.1990 relevanten Zuzugsströme sind die Zuzüge zwischen dem 27.5.1989 und dem 26.5.1990, also die Zuzüge $ZB^I(89)$ bzw. $ZA^I(89)$. In den Gleichungen (1.2.2) wird daher über die Jahre von 1970 bis 1989 summiert.

Die Zahl der Personen, die in die Region zuziehen, vermehrt bzw. verringert sich entsprechend der natürlichen Bevölkerungsentwicklung der Zugezogenen. Nimmt man an, daß die kumulierten Zuzüge $ZB^I(K)$ sich jeweils aus gleich großen jährlichen Strömen zusammensetzen, deren alters- und geschlechtsspezifische Gliederung in jedem Jahr gleich ist, dann läßt sich bei Annahme bestimmter altersspezifischer Fruchtbarkeits- und Sterbeziffern, für die Prognoseperiode als Ganzes ein einziger Faktor berechnen, mit dem der auf den zugezogenen Personen beruhende Teil des Bevölkerungsbestandes im Jahr 1990 aus den kumulierten Zuzügen abgeleitet werden kann⁶. Dieser Faktor sei für die Zuzüge aus anderen Regionen γ_{ZB}^I , für die Zuzüge aus dem Ausland γ_{ZA}^I . Dann sind

$$\gamma_{ZB}^I \cdot ZB^I(K) \quad \text{bzw.} \quad \gamma_{ZA}^I \cdot ZA^I(K)$$

diejenigen Teile des Bevölkerungsbestandes im Jahr 1990, die auf den Zuzügen beruhen. Ist beispielsweise $\gamma_{ZB}^I = 0,95$, so bedeutet dies, daß von 1000 Personen, die im Prognosezeitraum aus anderen Regionen zuziehen, am 26.5.1990 noch 950 Personen leben. Wegen der höheren Geburtenhäufigkeit der Ausländer ist γ_{ZA}^I größer als γ_{ZB}^I .

Die Erwerbsquoten für die beiden Komponenten $\gamma_{ZB}^I \cdot ZB^I(K)$ und $\gamma_{ZA}^I \cdot ZA^I(K)$ seien mit $\xi_{ZB}^I(90)$ bzw. mit $\xi_{ZA}^I(90)$ bezeichnet. Sie lassen sich unter bestimmten Annahmen für die alters- und geschlechtsspezifischen Erwerbsquoten berechnen. Das Angebot an Arbeit auf Grund der Zuzüge ist somit

Komponente 2:

(1.2.3)
$$NG_2^I(90) = \xi_{ZB}^I(90) \cdot \gamma_{ZB}^I \cdot ZB^I(K) = \eta_{ZB}^I \cdot ZB^I(K)$$

Komponente 3:

(1.2.3)
$$NG_3^I(90) = \xi_{ZA}^I(90) \cdot \gamma_{ZA}^I \cdot ZA^I(K) = \eta_{ZA}^I \cdot ZA^I(K)$$

Zur Vereinfachung der Schreibweise wurden auf der rechten Seite von (1.2.3) die Parameter ξ_{ZB}^I und γ_{ZB}^I bzw. ξ_{ZA}^I und γ_{ZA}^I durch Multiplikation zusammengefaßt:

⁵ H. Birg: Zur Interdependenz der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung — Grundlagen eines simultanen interregionalen Modells für die Bundesrepublik Deutschland. Duncker u. Humblot, Berlin 1979.

⁶ Zu den Einzelheiten vgl. die zitierte Studie.

$$\eta_{ZB}^r = \xi_{ZB}^r(90) \cdot \gamma_{ZB}^r$$

$$\eta_{ZA}^r = \xi_{ZA}^r(90) \cdot \gamma_{ZA}^r$$

Die Größen η_{ZB}^r und η_{ZA}^r können als „*Netto-Erwerbsquoten*“ bezeichnet werden, weil in ihnen der Effekt der Geburten und Sterbefälle auf die sich aus den Bruttoströmen $ZB^r(K)$ und $ZA^r(K)$ ergebende Erwerbspersonenzahl enthalten ist.

Komponenten 4 und 5: Fortzüge in andere Regionen und ins Ausland

Durch Fortzüge in andere Regionen und ins Ausland verringert sich das Angebot an Arbeit. Entsprechend der Definition für die Zuzüge werden die kumulierten Fortzüge wie folgt definiert:

$$(1.2.5) \quad FB^r(K) = \sum_{t=70}^{89} FB^r(t); \quad FA^r(K) = \sum_{t=70}^{89} FA^r(t)$$

Die Wachstumsfaktoren γ_{FB}^r und γ_{FA}^r für die Bevölkerungsgruppe der Fortzüge, die Erwerbsquoten ξ_{FB}^r und ξ_{FA}^r sowie die „*Netto-Erwerbsquoten*“ η_{FB}^r und η_{FA}^r werden analog zu den entsprechenden Größen bei den Zuzügen definiert.

Die auf den Fortzügen beruhenden Komponenten des Angebots lauten:

Komponente 4:

$$(1.2.6) \quad NG_4^r(90) = \xi_{FB}^r(90) \cdot \gamma_{FB}^r \cdot FB^r(K) = \eta_{FB}^r \cdot FB^r(K)$$

Komponente 5:

$$NG_5^r(90) = \xi_{FA}^r(90) \cdot \gamma_{FA}^r \cdot FA^r(K) = \eta_{FA}^r \cdot FA^r(K),$$

wobei wieder zur Vereinfachung die Definitionen

$$(1.2.7) \quad \begin{aligned} \eta_{FB}^r &= \xi_{FB}^r(90) \cdot \gamma_{FB}^r \\ \eta_{FA}^r &= \xi_{FA}^r(90) \cdot \gamma_{FA}^r \end{aligned}$$

verwendet werden.

Komponente 6: Berufspendler

Erwerbstätige, die außerhalb der Region wohnen, aber in der Region erwerbstätig sind, erhöhen das Angebot an Arbeit. Diese Komponente wird mit dem Begriff Einpendler bzw. mit dem Symbol PE^r bezeichnet. Für Erwerbstätige, die in der Region wohnen, aber außerhalb der Region beschäftigt sind — die Auspendler —, wird das Symbol PA^r verwendet. Die Differenz, der Pendlersaldo $PS^r = PE^r - PA^r$, ist die 6. Komponente des Angebots an Arbeit:

Komponente 6:

$$(1.2.8) \quad NG_6^r(90) = PS^r(90) = PE^r(90) - PA^r(90)$$

Faßt man die 6 Komponenten zusammen, so erhält man folgende Definitionsgleichung für das Angebot an Arbeit bzw. für die Nachfrage nach Arbeitsplätzen $NG^r(90)$ im Prognosejahr:

$$(1.2.9) \quad NG^r(90) = \xi_{BN}^r(90) \cdot BN^r(90) + \eta_{ZB}^r \cdot ZB^r(K) + \eta_{ZA}^r \cdot ZA^r(K) - \eta_{FB}^r \cdot FB^r(K) - \eta_{FA}^r \cdot FA^r(K) + PS^r(90)$$

$$r = 1, \dots, 79$$

In dieser Gleichung werden mit Ausnahme der Erwerbsquote ξ_{BN}^r alle mit griechischen Buchstaben bezeichneten Größen außerhalb des Modells errechnet. Die Größen $ZB^r(K)$, $ZA^r(K)$, $FB^r(K)$, $FA^r(K)$ und $PS^r(90)$ werden als endogene Variablen innerhalb des Modells bestimmt.

Gleichung (1.2.9) ist dann linear, wenn entweder $\xi_{BN}^r(90)$ oder $BN^r(90)$ als Parameter aufgefaßt werden. Da die Größen $BN^r(90)$ von ihrer Definition her unabhängig von den Zu- und Fortzugsströmen sind und daher außerhalb des Modells ermittelt werden können, bot es sich an, sie als Parameter zu behandeln. Die numerische Ermittlung dieser Größen durch ein alters- und geschlechtsspezifisches Bevölkerungsfortschreibungsmodell erfordert einen erheblichen Rechenaufwand. Dies ist ein entscheidendes zusätzliches Argument dafür, diese Größen außerhalb des Modells zu bestimmen.

Auf der Basis der Shift-Analyse wurde das *Angebot an Arbeitsplätzen* (= Nachfrage nach Arbeitskräften) durch die Gleichung

$$(1.2.10) \quad A^r(90) = \sum_i \psi_i A_i^r(70) + VA_i^r \quad r = 1, \dots, 79$$

bestimmt. In dieser Gleichung ist $A_i^r(70)$ der Arbeitsplatzbestand im Sektor i der Region r im Basisjahr 1970. Der Faktor ψ_i gibt den Wachstumsfaktor des Sektors i im Gesamttraum an. Es wurde von einer Untergliederung des Arbeitsplatzbestandes in 44 Sektoren ausgegangen. Es ist also

$$(1.2.11) \quad \psi_i = \frac{\sum_r A_i^r(90)}{\sum_r A_i^r(70)}; \quad i = 1, \dots, 44$$

Die Größe VA_i^r wird als sektorspezifischer Standorteinfluß bezeichnet. Diese Größe gibt an — gemessen in der Dimension „Zahl der Arbeitsplätze“ —, wieviel mehr bzw. wieviel weniger Arbeitsplätze im Prognosejahr in dem betreffenden Sektor der Region vorhanden sind im Vergleich zu derjenigen Arbeitsplatzzahl, die sich unter der Annahme ergeben würde, daß der Sektor in der Region mit dem gleichen Wachstumsfaktor wie im Gesamttraum expandiert⁷:

$$(1.2.12) \quad VA_i^r = A_i^r(90) - \psi_i A_i^r(70); \quad i = 1, \dots, 44 \\ r = 1, \dots, 79$$

Gleichung (1.2.10) kann einfacher geschrieben werden, wenn man die rechte Seite in zwei Teilsummen zerlegt. Der Wert der ersten Teilsumme, $A^r(90^*)$, wird mit dem Begriff „strukturbedingter“ oder „standortneutraler“ Arbeitsplatzbestand bezeichnet:

$$(1.2.13) \quad A^r(90^*) = \sum_i \psi_i A_i^r(70); \quad r = 1, \dots, 79$$

Diese Größe gibt die (fiktive) Zahl der Arbeitsplätze an, die sich ergeben würde, wenn alle Sektoren in der Region sich mit dem gleichen Wachstumsfaktor ψ_i entwickeln würden wie im Gesamttraum. Als „Strukturfaktor“ VU^r wird der Quotient aus dem „strukturbedingten“ Arbeitsplatzbestand und dem Anfangsbestand bezeichnet:

$$(1.2.14) \quad VU^r = \frac{\sum_i \psi_i A_i^r(70)}{\sum_i A_i^r(70)} = \frac{A^r(90^*)}{A^r(70)}; \quad r = 1, \dots, 79$$

Der Strukturfaktor ist definitorisch gleich der Summe der mit den Anteilen der Sektoren am regionalen Arbeitsplatzbestand gewichteten sektoralen Wachstumsfaktoren.

Der aggregierte (d.h. nicht nach Sektoren differenzierte) „Standorteinfluß“ der Region ist gleich der Differenz zwischen der effektiven und der strukturbedingten Arbeitsplatzzahl:

$$(1.2.15) \quad VA^r = \sum_i VA_i^r = \sum_i A_i^r(90) - \sum_i \psi_i A_i^r(70) \quad r = 1, \dots, 79$$

Auf der Basis der Gleichungen (1.2.14) und (1.2.15) läßt sich die Nachfrage nach Arbeit durch

$$(1.2.10.1) \quad A^r(90) = VU^r \cdot A^r(70) + VA^r$$

bestimmen. Hierin ist VU^r ein dimensionsloser Wachstumsfaktor, der von der sektoralen Zusammensetzung des Arbeitsplatzbestandes der Region im Basisjahr abhängt, VA^r ist der in der Dimension „Zahl der Arbeitsplätze“ gemessene Standorteinfluß.

Die sektoralen Wachstumsraten auf Bundesebene wurden im DIW mit eigens dafür entwickelten Modellen vorausgeschätzt⁸. Die Größen ψ_i wurden daher als Parameter vorgegeben.

Der Strukturfaktor VU^r hängt außer von diesen Wachstumsfaktoren nur von der sektoralen Zusammensetzung des Arbeitsplatzbestandes im Basisjahr ab. Werden die Faktoren ψ_i vorgegeben, so ist VU^r bekannt. Somit muß als einzige endogene Variable in Gleichung (1.2.10.1) der Standortfaktor im Modell bestimmt werden.

Neben den 79 Regionen enthält das Modell die 11 Bundesländer als regionale Zwischenebene. Neben den erwähnten Wanderungsvariablen, die die Randsummen der Wanderungsmatrix darstellen, wurden — allerdings nur für die Länder als regionale Zwischenebene — auch die Elemente der Wanderungsmatrix W^{rs} ($r, s = 1, \dots, 11$) als zusätzliche (endogene) Variablen berücksichtigt.

⁷ Das Begriffssystem der Shift-Analyse sowie Tests der zentralen Hypothesen dieses Ansatzes wurde bereits eingehend an anderer Stelle erläutert, vgl. H. Birg und Mitarbeiter: Prognose des regionalen Angebots an Arbeitsplätzen, Berlin 1975.

⁸ Vgl. B. Görzig: Die Entwicklung des Wachstumspotentials in den Wirtschaftsbereichen der BRD, DIW-Beiträge zur Strukturforschung, Heft 18, Berlin 1972 sowie die ökonometrischen Modelle auf der Basis des Krelle-Modells.

In *Übersicht 2.2* sind sämtliche Variablen nach endogenen, exogenen und Service-Variablen gegliedert zusammengestellt. Bei den Service-Variablen handelt es sich um Größen, die durch definitorische Beziehungen aus den endogenen Variablen außerhalb des Modells berechnet werden können, die aber aus Praktikabilitätsgründen gemeinsam mit den endogenen Variablen im Modell bestimmt werden.

Übersicht 1.2

Gruppierung der Variablen des Modells

Symbol	Anzahl	Bezeichnung
(a) endogene Variablen für die 79 Regionen		
$\xi_{BN}^r(90)$	79	Erwerbsquote für die Bevölkerung ohne Wanderungen
$ZB^r(K)$	79	Zuzüge aus anderen Regionen, kumuliert
$ZA^r(K)$	79	Zuzüge aus dem Ausland, kumuliert
$FB^r(K)$	79	Fortzüge in andere Regionen, kumuliert
$FA^r(K)$	79	Fortzüge ins Ausland, kumuliert
$PS^r(90)$	79	Pendlersaldo
$VA^r(70/90)$	79	Standorteinfluß auf den Arbeitsplatzbestand
(b) endogene Variablen für die 11 Bundesländer		
w^{1r}	10	Wanderungsströme zwischen den 11 Bundesländern
\vdots	\vdots	
w^{11r}	10	
(c) Service Variablen und exogene Größen für Regionen		
$B^r(70)$	79	Anfangsbestand der Bevölkerung
$BN^r(90)$	79	Bevölkerungsbestand ohne Wanderungen
$B^r(90)$	79	Bevölkerungsbestand mit Wanderungen
$A^r(70)$	79	Arbeitsplatzbestand im Ausgangsjahr
$A^r(90)$	79	Arbeitsplatzbestand im Endjahr
$N^r(90)$	79	Nachfrage nach Arbeitsplätzen
$SG^r(K)$	79	Gesamtwanderungssaldo, kumuliert
$SB^r(K)$	79	Binnenwanderungssaldo, kumuliert
$SA^r(K)$	79	Außenwanderungssaldo, kumuliert
(d) Service Variablen und exogene Größen für die 11 Bundesländer		
$ZBL^r(K)$	11	Binnenwanderungszuzüge für 11 Länder, kumuliert
$FBL^r(K)$	11	Binnenwanderungsfortzüge für 11 Länder, kumuliert
$SBL^r(K)$	11	Binnenwanderungssaldo für 11 Länder, kumuliert
$BL^r(70)$	11	Bevölkerungsbestand für 11 Länder im Ausgangsjahr
$BL^r(90)$	11	Bevölkerungsbestand für 11 Länder im Prognosejahr

Eine vollständige Darstellung sämtlicher zum großen Teil querschnitts-dynamischen Beziehungen zwischen den Variablen (Gleichungen und Ungleichungen) würde den Rahmen dieses Berichts sprengen (2940 Gleichungen bzw. Ungleichungen). Es sei deshalb auf die angegebene Publikation verwiesen (S. 196 f.).

Um das Ziel einer möglichst weitgehenden Ausschöpfung des empirischen und theoretischen Wissens bei der Deduktion von Prognoseergebnissen zu verwirklichen (Prinzip maximaler Informationsausschöpfungskapazität), wurden sämtliche Beziehungen zwischen den Variablen, nämlich

- empirische bzw. ökonometrische Beziehungen (beispielsweise Wanderungsfunktionen)
- normative Beziehungen (beispielsweise Ober- bzw. Untergrenzen für die regionalen Arbeitslosenquoten und für den Anteil der Ausländer an der Bevölkerung)
- logische bzw. definitorische Beziehungen (beispielsweise die Bevölkerungsbilanzfunktionen)

in Form von linearen (bzw. linearisierten) Gleichungen und Ungleichungen formuliert und in ein *lineares Programmierungsmodell* eingefügt, dessen Zielfunktion darin bestand, die Summe der regionalen Arbeitsmarktbalanzungleichgewichte zu minimieren, wobei entsprechende Nebenbedingungen gewährleisten, daß sich die regionalen Arbeitsmarktüberschüsse und -defizite nicht kompensieren.

Der Hauptvorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß *mehr* Beziehungen zwischen Variablen berücksichtigt werden können als endogene Variablen im Modell enthalten sind (Zahl der endogenen Variablen = 753, Zahl der Beziehungen = 2940). Auf diese Weise ist es möglich, alternative, miteinander konkurrierende Erklärungsansätze bzw. Verhaltensgleichungen für die Bestimmung einer endogenen Variablen *gleichzeitig* zu verwenden und dadurch wesentlich mehr zukunftsrelevante Informationen auszuschöpfen als dies beispielsweise in ökonometrischen Modellen möglich ist, die für jede endogene Variable jeweils nur einen Erklärungsansatz bzw. eine Strukturgleichung verwenden.

Damit erfüllt der Ansatz folgende Forderungen, die an jedes multiregionale Prognosemodell gestellt werden sollten:

1. Es sollte gewährleistet sein, daß künftige Ziele und Normen und ihre Auswirkungen auf die Prognoseergebnisse explizit einbezogen werden können.
2. Es sollten alle miteinander konkurrierenden Erklärungsansätze, die sich im Hinblick auf die Erklärungsgüte bzw. im Hinblick auf die prognostische Leistung nur wenig voneinander unterscheiden, im Modell verwendet werden.
3. Es sollte möglich sein, gesamtäumliche Prognoseergebnisse bzw. Prognoseergebnisse für Zusammenfassungen von Regionen, beispielsweise zu Bundesländern oder für andere räumliche Zwischenebenen, die auf Grund anderer Modelle erarbeitet wurden, als Eckwerte vorzugeben, mit dem Ziel, die Prognosen für die Regionen mit den Eckwerten abzustimmen.
4. Es sollte möglich sein, daß isolierte und punktuelle Informationen über die künftigen Werte einzelner Variablen in bestimmten Regionen direkt berücksichtigt werden können (Betriebsstillegungen bzw. Neugründungen von Betrieben).

Neben der gleichzeitigen Berücksichtigung konkurrierender Erklärungsansätze erlaubt der Ansatz folgende prognostisch relevante Vorgehensweise. In herkömmlichen Prognosemodellen mit ökonometrischer Ausrichtung werden die Residuen der Strukturgleichungen in der Prognoseperiode auch dann Null gesetzt, wenn sie in der Analyseperiode sehr groß waren. Dies mag bei Modellen, deren Strukturgleichungen auf der Basis von Zeitreihen geschätzt werden, gerechtfertigt sein. Bei multiregionalen Modellen haben jedoch Strukturgleichungen auf der Basis interregionaler Querschnitte (querschnitts-dynamische Beziehungen) eine bedeutende Funktion: Die Erfahrungen im multiregionalen Modellbau zeigen, daß Querschnittsbeziehungen eine größere zeitliche Invarianz aufweisen als Schätzfunktionen auf der Grundlage regionaler Zeitreihen. Neben diesem inhaltlich relevanten Faktum spricht für die Berücksichtigung von Querschnittsfunktionen auch der Umstand, daß regionale Zeitreihen nur in beschränktem Umfang verfügbar sind. Entscheidend ist aber, daß die üblichen Annahmen über die Residuen in Zeitreihenmodellen auf die Residuen in regionalen Querschnittsfunktionen nicht zutreffen: 1. Die Verteilungsgesetze sind unbekannt, 2. die Erwartungswerte sind nicht Null. Die Residuen regionaler Querschnitte haben vielmehr häufig eine erstaunliche zeitliche Invarianz: sowohl dem Vorzeichen als auch dem Betrag nach sind sie relativ konstant, was darauf hindeutet, daß in ihnen strukturelle, d.h. nicht zufallsbedingte Ursachen eine große Rolle spielen. Würde man die Residuen in der Prognoseperiode Null setzen, ginge ein beträchtliches Maß an zukunftsrelevanter Information verloren. Diese Überlegungen legen es nahe, die empirischen Werte der Residuen in der Analyseperiode wenigstens zu einem Teil auch in der Prognoseperiode zu berücksichtigen, was durch Verwendung von je einem Paar von *Ungleichungen* statt einer *Strukturgleichung* möglich ist. Zur näheren Begründung und detaillierten Darstellung des Verfahrens vgl. S. 167 ff. der angegebenen Publikation.

Die bisherigen Erfahrungen mit diesem Ansatz haben diese Überlegungen bestätigt. Die Eigenschaften der ermittelten Lösung des Modells lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Lösungsraum wird durch die Vielzahl von regionalen, interregionalen und nationalen Beschränkungen zwischen den Variablen stark eingegrenzt. Dies zeigt sich daran, daß sich die Lösungen für die einzelnen Variablen nur wenig ändern, wenn man die *Zielfunktion maximiert statt minimiert*.
- Bei der weitaus überwiegenden Zahl der Beschränkungen wird das entsprechende direkt vorgegebene Intervall nicht ausgeschöpft. Dies zeigt, daß die *Interdependenz zwischen den Variablen sehr stark ist*.

Das querschnitts-dynamische Modell enthält bisher keine Instrumentvariablen. Es gehört damit zur Klasse der Prognosemodelle des Typs I (vgl. Übersicht 1.1) und ist im Hinblick auf seine Eignung aus *theoretischer* Sicht verbesserungsbedürftig. Der Einbau von Instrumentvariablen ist aber möglich, sofern zuverlässige Wirkungsbeziehungen gefunden werden können.

1.3.2 Ein diachronisch-dynamisches Simulationsmodell

Die demo-ökonomische Entwicklung jeder Region läßt sich in vier voneinander abhängige Teilprozesse gliedern:

- (1) Die ökonomische Entwicklung bestimmt Zahl und Qualität der Arbeitsplätze.
- (2) Die Arbeitsplatzentwicklung bestimmt Zu- und Fortzüge.
- (3) Zu- und Fortzüge bestimmen zusammen mit der natürlichen Bevölkerungsentwicklung die Bevölkerungsveränderung.
- (4) Die Bevölkerungsveränderung wirkt zurück auf die ökonomische Entwicklung.

Diese vier Prozesse lassen sich für jede Region durch ein System von 12 Strukturgleichungen beschreiben. Der Einfachheit halber wird im folgenden der Index für die Regionen bei den Variablen weggelassen.

Die Gesamtzahl der Arbeitsplätze wird in basic- und non-basic-Sektoren (A_1 bzw. A_2) untergliedert:

$$(1.3.1) \quad A(t) = A_1(t) + A_2(t)$$

Es wird angenommen, daß die Entwicklung in den basic-Sektoren exogen vorgegeben ist und durch folgende e-Funktion approximiert werden kann:

$$(1.3.2) \quad A_1(t) = A_1(0)e^{at}; \quad \begin{array}{l} a = \text{Wachstumsrate} \\ A_1(0) = \text{Anfangsbestand} \end{array}$$

Für die non-basic-Sektoren wird eine Abhängigkeit sowohl von den basic-Sektoren als auch von der Bevölkerung $P(t)$ angenommen (betriebs- bzw. haushaltsbezogene Dienstleistungs- und Produktionssektoren):

$$(1.3.3) \quad A_2(t) = b_1 P(t) + b_2 A_1(t) \quad \begin{array}{l} 0 < b_1, b_2 < 1 \\ b_1, b_2 \text{ constant} \end{array}$$

Die Zuzüge in die Region werden in potentielle und effektive Zuzüge differenziert. Es wird angenommen, daß in jeder Region Beschränkungen auf dem Wohnungs- und Arbeitsmarkt oder im Bereich der haushaltsbezogenen Infrastruktur wirksam sind, die dazu führen, daß die effektiven Zuzüge $IN(t)$ kleiner als die potentiellen Zuzüge $IN^*(t)$ sind. Die Differenz zwischen potentiellen und effektiven Zuzügen wird durch die Restriktionsvariable $R(t)$ quantifiziert. Es wird angenommen, daß die Entwicklung von $R(t)$ exogen vorgegeben ist und sich mit einer e-Funktion approximieren läßt:

$$(1.3.4) \quad R(t) = R(0)e^{ht} \quad h \text{ constant}$$

$$(1.3.5) \quad IN(t) = IN^*(t) - R(t)$$

Die potentiellen Zuzüge $IN^*(t)$ werden in nicht ökonomisch motivierte Zuzüge $IN_1^*(t)$ und ökonomisch induzierte Zuzüge $IN_2^*(t)$ differenziert:

$$(1.3.6) \quad IN^*(t) = IN_1^*(t) + IN_2^*(t)$$

Es wird angenommen, daß die nicht ökonomisch motivierten Zuzüge sich exogen mit der Wachstumsrate w entwickeln:

$$(1.3.7) \quad IN_1^*(t) = IN_1^*(0)e^{wt} \quad w \text{ constant}$$

während die ökonomisch induzierten Zuzüge von der Zahl der offenen Stellen $Q(t)$ abhängen:

$$(1.3.8) \quad IN_2^*(t) = gQ(t) \quad 0 < g < 1, \text{ constant}$$

Die Zahl der offenen Stellen wird ihrerseits auf die Arbeitsplatzfluktuation zurückgeführt: In der Bundesrepublik wird jedes Jahr etwa jeder vierte Arbeitsplatz neu besetzt⁹. Durch diese hohe Fluktuation ist ständig eine

⁹ Unveröffentlichte Schätzungen des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Erlangen.

bestimmte Zahl von Arbeitsplätzen zur Neubesetzung frei. Nimmt man an, daß die Zeitspanne zwischen dem Freiwerden und der Wiederbesetzung eines Arbeitsplatzes konstant ist, so ist die Zahl der offenen Stellen ein bestimmter konstanter Anteil c des Arbeitsplatzbestandes:

$$(1.3.9) \quad Q(t) = cA(t) \quad 0 < c < 1, \text{ constant}$$

Im Gegensatz zu den in der Literatur vorfindbaren Modellen werden die Zuzüge hier *nicht* von der Differenz zwischen dem Angebot und der Nachfrage nach Arbeitsplätzen abhängig gemacht, sondern von der Zahl der Stellen, die zur Neubesetzung frei sind: Umzugswillige Arbeitskräfte orientieren sich nicht an den Salden von Arbeitsmarktbilanzen, sondern ausschließlich daran, ob sie einen attraktiven freien Arbeitsplatz finden. Um die offenen Stellen bewerben sich Arbeitskräfte aus der Region und aus anderen Regionen. Der Parameter g in (1.3.8) drückt aus, wie groß die Zahl der Bewerber aus anderen Regionen ist, die bei der Bewerbung um die regionalen Arbeitsplätze erfolgreich waren.

Die Fortzüge aus der Region $OUT(t)$ werden als Anteil am Bevölkerungsbestand bestimmt — eine Funktion, die sich in empirischen Analysen gut bewährt hat:

$$(1.3.10) \quad OUT(t) = kP(t) \quad 0 < k < 1 \\ k \text{ constant}$$

Bezeichnet man mit r die Wachstumsrate der Bevölkerung auf Grund von Geburten und Sterbefällen, so lautet die Bilanzgleichung für die Bevölkerungsveränderung:

$$(1.3.11) \quad \frac{dP(t)}{dt} = rP(t) + IN(t) - OUT(t)$$

Die Bilanzgleichung für den Bevölkerungsbestand ist das Integral der Bilanzgleichung der Bevölkerungsveränderung (mit $P(0)$ als Anfangsbestand):

$$(1.3.12) \quad P(t) = P(0) + r \int_0^t P(\tau) d\tau + \int_0^t IN(\tau) d\tau - \int_0^t OUT(\tau) d\tau$$

Die analytische Lösung des Systems (1.3.1) bis (1.3.12) für den Zeitpfad der Bevölkerungsentwicklung lautet¹⁰:

$$(1.3.13) \quad P(t) = P(0)e^{(\eta+r)t} + \frac{IN_1^*(0)}{w - (\eta+r)} (e^{w t} - e^{(\eta+r)t}) + \frac{gc(A_1(0) + b_2 A_2(0))}{a - (\eta+r)} (e^{h t} - e^{(\eta+r)t}) - \frac{R(0)}{h - (\eta+r)} (e^{h t} - e^{(\eta+r)t})$$

wobei $\eta = gcb_1 - k$.

Auf der Basis der in Gleichung (1.3.13) angegebenen Lösung können auch die zeitlichen Entwicklungspfade aller übrigen Modellvariablen angegeben werden.

Erste Simulationsrechnungen sind in den Tabellen 1.1 und 1.2 wiedergegeben, wobei von frei gesetzten, aber an der Realität orientierten Parameterwerten ausgegangen wurde (Anfangsbestand der Bevölkerung = 100). Die Simulationsergebnisse machen die große Bedeutung der Arbeitsplatzfluktuationsparameter c bzw. g deutlich. Der haushaltsbezogene non-basic-Koeffizient b_1 sowie der betriebsbezogene non-basic-Koeffizient b_2 sind ebenfalls von großer Bedeutung. Die natürliche Rate r der Bevölkerungsentwicklung und die übrigen Parameter haben ein vergleichsweise geringes Gewicht. (Vgl. den Wert der Bevölkerungsvariable P nach Ablauf von 50 Perioden in Spalte 1 der Tabelle 1.2, der sich ergibt, wenn die einzelnen Parameter geändert werden.)

Bei dem hier spezifizierten Modell handelt es sich um ein Modell für eine einzelne Region. Das Modell kann aber auch auf ein *System von Regionen* angewandt werden. Hierbei bietet sich (neben anderen Verfahrensmöglichkeiten) folgendes Vorgehen an¹¹.

Die Bundesrepublik wird zunächst in zwei Groß-Regionen, beispielsweise die nördlichen und die südlichen Bundesländer, untergliedert. Für jede der beiden Groß-Regionen A und B wird der zeitliche Verlauf der Modellvariablen zunächst isoliert voneinander simuliert.

Anschließend werden die Modellparameter insbesondere in den Wanderungsfunktionen so verändert, daß die Summe der Wanderungssalden beider Regionen mit dem (exogen vorgehenden) Außenwanderungssaldo der Bundesrepublik insgesamt übereinstimmt. Die Parameter in den beiden Funktionen zur Bestimmung der basic-

¹⁰ Vgl. H. Birg: On the Interactions of Job Creation, Migration and Natural Population Increase within the Framework of a Dynamic Demo-economic Model. In: „Environment and Planning“, 1982.

¹¹ Die Alternative wäre, ein multiregionales Modell zu entwickeln, das aber mit sehr großer Wahrscheinlichkeit nur noch numerisch lösbar sein würde. Schon bei einem Zwei-Regionen-Modell war es nicht möglich, eine analytische Lösung zu finden. Vgl. dazu den zitierten Aufsatz „On the Interactions of Job Creation ...“; in dem ein Zwei-Regionen-Modell entwickelt und mit entsprechenden Modellen von N. Keyfitz und A. Rogers verglichen wurde.

Tabelle 1.1

Die zeitlichen Entwicklungspfade der Modellvariablen
in einem diachronisch-dynamischen Simulationsmodell

Periode t	V a r i a b l e n											
	P	P _n	A	A ₁	A ₂	Q	IN ₁ [*]	IN ₂ [*]	IN [*]	R	IN	OUT
0	100	100	50	20	30	13	4	6	10	5	5	5
5	106	105	53	21	32	13	4	7	11	5	6	5
10	113	111	56	22	34	14	4	7	11	6	6	6
15	120	116	59	23	36	15	5	7	12	6	6	6
20	127	122	62	24	38	16	5	8	13	6	7	6
25	134	128	66	26	40	16	5	8	13	6	7	7
30	142	135	69	27	42	17	5	9	14	7	7	7
35	150	142	73	28	45	18	6	9	5	7	8	7
40	158	149	77	30	47	19	6	10	16	7	8	8
45	167	157	81	31	50	20	6	10	16	8	9	8
50	176	165	85	33	52	21	7	11	17	8	9	9

und non-basic-Arbeitsplätze werden so verändert, daß die Summe der Arbeitsplätze in den beiden Groß-Regionen mit den exogen vorgegebenen Arbeitsplatzzahlen im Gesamttraum übereinstimmt. Das gleiche Abstimmungsverfahren — Summe der Regionen/vorgegebene Werte auf Bundesebene — wird auch für die übrigen Variablen, beispielsweise für die Bevölkerung P(t) — über die Rate r — oder für die freien Stellen Q(t) — über den Koeffizienten c — durchgeführt, so daß die Summe der Variablen-Werte der Regionen mit den Variablen-Werten auf Bundesebene identisch ist.

Im nächsten Schritt werden die Regionen A und B jeweils in zwei Sub-Regionen A₁ und A₂ bzw. B₁ und B₂ untergliedert. Wieder wird für A₁ und A₂ getrennt eine Simulation durchgeführt. Die Abstimmung der Variablen und Parameter für A₁ und A₂ wird an den im ersten Schritt errechneten Ergebnissen für die Gesamtregion A orientiert. Die Abstimmung für B₁ und B₂ orientiert sich entsprechend an den im ersten Schritt ermittelten Ergebnissen für B insgesamt. Anschließend werden die Regionen A₁ und A₂ bzw. B₁ und B₂ wieder in je zwei Teile zerlegt und so fort, bis für alle Regionen numerische Werte vorliegen. Das Verfahren garantiert die Kompatibilität der regionalen Variablen mit den nationalen.

Weist die Entwicklung der vorgegebenen nationalen Werte im gesamten Simulations- bzw. Prognosezeitraum Brüche auf, so läßt sich der Gesamtzeitraum in Teilperioden zerlegen, für die die Simulationsrechnungen nacheinander durchgeführt werden.

Wichtig ist, daß die Parameter für die natürliche Bevölkerungsentwicklung der Regionen, deren Ermittlung die Anwendung eines jahrgangsspezifischen Bevölkerungsfortschreibungsmodells voraussetzt, das sehr aufwendig ist, den kreisweisen Bevölkerungsprognosen des DIW, die bereits vorliegen, entnommen werden können. Die übrigen Parameter müßten geschätzt bzw. nach dem Verfahren der „besten Setzung“ festgelegt werden. Da die analytische Lösung (Gleichung (1.3.13)) vorliegt, lassen sich die zeitlichen Entwicklungspfade der Modell-Variablen sehr einfach programmieren. Das Abstimmungsverfahren läßt sich vermutlich automatisieren, so daß die Berechnung der Wirkungen von Parameteränderungen auf die Modell-Variablen keinen großen Aufwand erfordern würde.

Wichtig erscheint, daß das vorgeschlagene Verfahren der schrittweisen Zerlegung in immer kleinere Regionen die Möglichkeit bietet, bei der Partitionierung inhaltliche Überlegungen einfließen zu lassen. Die Partitionierung könnte beispielsweise über folgende Stufen laufen:

- Stufe 1: Nord-Süd-Gruppierung
- Stufe 2: Ländlich-Städtische Gebiete
- Stufe 3: Kern-Rand-Gebiete
- Stufe 4: altindustrielle Kerne — neue Industriekerne

Tabelle 1.2

Die Wirkung der Parameteränderungen auf die Entwicklungspfade der Modellvariablen

Ursprünglicher Wert des Parameters	Wert ausgewählter Variablen in Periode t=50 bei einer Anhebung des Parameterwertes in der Vorspalte um 50 %						
	P	P _n	NET _c ¹⁾	A	A ₁	A ₂	A ₁ /A ₂ ³⁾
c = 0.25	369	165	204	133	33	100	0.36
g = 0.50	369	165	204	133	33	100	0.36
b ₁ = 0.25	274	165	109	144	33	111	0.53
b ₂ = 0.25	189	165	24	93	33	60	0.49
k = 0.05	101	165	- 64	66	33	33	0.66
r = 0.01	209	212	- 3	93	33	60	0.45
a = 0.01	199	165	34	103	42	60	0.52
w = 0.01	205	165	40	93	33	60	0.45
h = 0.01	139	165	- 26	76	33	43	0.55
	176	Variablenwerte für die ursprünglichen Parameterwerte					
		165	11	85	33	52	0.48
							0.63

1) Summe der direkten und indirekten Effekte der Mandierungen. - 2) A/P = Erwerbsquote.
3) A₁/A₂ = basic/non-basic Relation.

Bei 6 Stufen wird bereits eine Zahl von 64 Regionen erreicht, bei 7 Stufen sind es 128 Regionen. Die Parameterwerte könnten für jede Regionsgruppe anders gesetzt werden, um regionale Unterschiede bei den Verhaltensfunktionen zu berücksichtigen.

Die Automatisierbarkeit des Simulationsverfahrens kommt den Forderungen nach einfacher Handhabbarkeit entgegen. Dies ermöglicht die Ermittlung von zahlreichen alternativen Simulationsrechnungen. In diesem Punkt ist das Modell dem querschnitts-dynamischen Modell (vorangegangener Abschnitt) überlegen. Ein weiterer Vorteil liegt darin, daß das diachronisch-dynamische Modell Ergebnisse für jedes Zwischenjahr liefert, während das querschnitts-dynamische Modell Ergebnisse nur für die gesamte Prognoseperiode zur Verfügung stellt. Im Prinzip lassen sich mit dem querschnitts-dynamischen Modell zwar auch Ergebnisse für beliebig viele Zwischenjahre ermitteln. Aber dies würde voraussetzen, daß die Gesamtperiode in Teilperioden zerlegt würde, mit der Folge, daß sich der ohnehin große Aufwand vervielfachen würde.

2. Spezifische Leitdaten für Personen- und Güterverkehrsprognosen

2.1 Sozioökonomische und demographische Leitdaten als Grundlagen von Verkehrsprognosen

In diesem Teil des vorliegenden Berichts werden Ansatzpunkte für Verbesserungen von Leitdatenvorausschätzungen untersucht, die sich aus veränderten Anforderungen der Verkehrsnachfragemodelle an sozioökonomischen und demographischen Inputdaten ergeben.

Zunächst werden dabei für den Güter- und den Personenverkehr die in den letzten 10 Jahren neu entwickelten verkehrsprognostischen Ansätze dokumentiert, auf ihre Bedeutung für gesamtwirtschaftliche, regionalisierte Prognosen überprüft und ihr Bedarf an sozioökonomischen und demographischen Leitvariablen erfaßt.

In einer anschließenden Analyse werden die wichtigsten und grundlegenden Leitdaten der neuen Prognose-techniken zusammengestellt und ihre quantitative Belegbarkeit auf der Grundlage der amtlichen Statistik untersucht.

Nach diesen Arbeitsschritten werden die so bestimmten Leitdaten auf ihre Prognostizierbarkeit im Rahmen des gesamten Leitdatensystems und bezogen auf eine regionale Untergliederung des Bundesgebietes von etwa 80 Raumeinheiten geprüft. Die resultierenden Prognosemodelle sind im Abschnitt 3 dargestellt.

Im Bereich des Personenverkehrs liegen Erfahrungen über den Leitdatenbedarf von Analysen und Prognosen auf der Grundlage aggregierter Daten bereits in ausreichendem Maße vor¹. Diese Studie konzentriert sich daher auf die Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Verkehrsnachfrage und Wirtschafts- und Bevölkerungsstruktur, in Modellen, die in den letzten Jahren als sogenannte disaggregierte, am Verhalten von Individuen bzw. von homogenen Bevölkerungsgruppen orientierte Nachfragemodelle entwickelt worden sind. Diese Ansätze ergänzen nunmehr die traditionellen, mit regionsbezogenen aggregierten Daten arbeitenden Prognoseverfahren oder konkurrieren mit ihnen. Insbesondere bei der Bestimmung von Verhaltensfunktionen, die die Reaktion von Reisenden auf Angebotsveränderungen kennzeichnen, haben sich disaggregierte Analysetechniken bewährt. Für diese Verfahren ist die Datenbasis im Bereich der Verkehrsnachfrage relativ einfach zu erheben, im allgemeinen genügen hier Stichprobenbefragungen mit geringem Umfang. Bei den sozioökonomischen und demographischen Leitdaten sind jedoch differenziertere Aufgliederungen der Ergebnisse erforderlich, als sie bei aggregierten Schätzverfahren verwendet werden. So wird in der Regel anstelle eines Gesamt- oder Mittelwertes für jede Region die Verteilung des Beobachtungsobjektes in bezug auf ein oder mehrere weitere Merkmale benötigt.

Die damit verbundene Prognoseproblematik im sozioökonomischen und demographischen Bereich wird in den meisten Darstellungen von Individualverhaltensansätzen nicht aufgenommen und die Frage, ob mögliche Genauigkeitsverbesserungen bei Verkehrsprognosen nicht dadurch kompensiert werden, daß die notwendigen Inputvariablen bei feinerer Differenzierung mit größeren Unsicherheiten behaftet sind, nicht systematisch erörtert.

Eine präzise und umfassende Formulierung dieser Ambivalenz fand sich in der umfangreichen Literatur über verhaltensorientierte und disaggregierte Modelle der Verkehrsnachfrage lediglich in einer Arbeit von Koppelman. Seine Überlegungen gelten analog auch für Güterverkehrsprognosen. Bezogen auf die Leitdatenanforderungen disaggregierter Modelle führt er aus:

„This requirement places increased demands on the forecasts of explanatory characteristics. The critical issue for modeling strategy is to improve the quality of distributional forecasts to a level that is compatible with the quality of other elements in the overall forecast process. ... In addition those distributions that are to be represented with the greatest level of detail and accuracy must be identified. Primary attention should be directed toward improving the quality of forecasts for those distributions to which the required aggregate forecast will be

¹ Vgl. z.B. U. Voigt: Die Personenverkehrsnachfrage in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland 1970 und 1990. Beiträge zur Strukturforchung des DIW, Heft 43/III, Berlin 1977, sowie H. Kuhfeld und J. Niklas: Die Entwicklung des Personenverkehrs in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000. Beiträge zur Strukturforchung des DIW, Heft 77/1983.

most sensitive. ... For example, increasing the number of dimensions along which the population is stratified will tend to reduce the aggregation bias but may also increase the standard error of the aggregate forecast"².

Dieses Zitat kennzeichnet sehr präzise die aus der Verknüpfung von disaggregierten Verkehrsprognosen und Leitdatenvorausschätzungen resultierende Problematik. Die aufgeworfenen Fragestellungen sind bislang jedoch nicht umfassend und systematisch untersucht worden.

Die Prognosen des Güterverkehrs basieren auf einer Differenzierung des gesamten Transportaufkommens nach Güteraggregaten, die in bezug auf ihre Prognostizierbarkeit und die Form der Transportabwicklung hinreichend homogen sind. Als Indikatoren für die Entwicklung des Verkehrs in den einzelnen Bereichen wurden bislang Produktions- und Verbrauchsmengen der entsprechenden Güter verwendet³. Zur Sammlung dieser Daten war es erforderlich, sehr viele empirische Einzelinformationen von Firmen und Verbänden einzuholen und verbundene Lücken durch Modellrechnungen zu schließen.

Das prognostische Konzept bestand darin, Daten der relevanten Investitionsträger zu sammeln, Produktionsplanungen zu erfassen, Produktionsverfahren zu analysieren und den künftigen Bedarf an Einsatzfaktoren mit Hilfe von spezifischen Technologieprognosen vorzuschätzen und regional zuzuordnen⁴.

Mit den hier erarbeiteten Ergebnissen kann dieser immense empirische Arbeitsaufwand durch ein stärker formalisiertes Vorausschätzungsmodell verringert werden. Auch die Datenerfassung wird wesentlich vereinfacht, da für die meisten Güterbereiche die Entwicklung nunmehr in Abhängigkeit von entsprechend differenzierten Ergebnissen der Beschäftigtenstatistik und anderen statistisch verfügbaren ökonomischen (Wertgrößen) und demographischen Variablen vorausgeschätzt werden kann.

2.2 Die Bedeutung von energiewirtschaftlichen Annahmen für Leitdaten- und Verkehrsprognosen

Aufgrund der in den letzten Jahren zu verzeichnenden starken Steigerungen der Rohölpreise ist auch in Verkehrsprognosen die Abhängigkeit der Verkehrsnachfrage vom Kraftstoffpreis verstärkt untersucht worden. Gerade für diese Fragestellung bietet sich die disaggregierte Modelltechnik an, da es hier darum geht, Verhaltensweisen und gegebenenfalls Verhaltensänderungen von Individuen zu beobachten und analytisch zu beschreiben.

Dabei ist die isolierte Fragestellung nach den Auswirkungen veränderter Kostenstrukturen auf die PKW-Nutzung bei im übrigen unveränderten ökonomischen Rahmenbedingungen keine zutreffende Formulierung des Problems. Der Gesamtzusammenhang Energie — Verkehr kann nicht auf einfache Ursache — Wirkung — Beziehungen reduziert werden. Der Verkehr ist kein autonomer Sektor, sondern wird auch

- durch das Produktionsverhalten der Unternehmer sowie
- das Konsumverhalten der Haushalte

bestimmt. Beide Bereiche reagieren auf Veränderungen des Energiemarktes, sie beeinflussen sich gegenseitig ebenso wie auch den Verkehrssektor.

Jede autonome Preis- bzw. Mengenänderung im Energiebereich hat Rückwirkungen auf den gesamten Verflechtungsbereich Energie — Wirtschaft — Verkehr. Veränderte Daten des Energiemarktes veranlassen alle relevanten Akteure

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| — Unternehmen, | — Verkehrsteilnehmer, |
| — Haushalte, | — Verkehrsbetreiber, |
| — Energiewirtschaft, | — Fahrzeugindustrie |
| — staatliche Institutionen, | zu Verhaltensänderungen. |

² FS. Koppelman: Prediction with disaggregate models: The aggregation issue, in: Transportation Research Record No. 527, Washington D.C. 1974.

³ Vgl. z. B. P. Lünsdorf: Die Güterverkehrsnachfrage in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland 1970 und 1990, Beiträge zur Strukturforchung des DIW, Heft 43/V, Berlin 1976; und P. Lünsdorf: Die Entwicklung des Güterverkehrs in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000, Gutachten des DIW im Auftrage des Bundesministers für Verkehr (als Manuskript veröffentlicht), Berlin 1980.

⁴ Vgl. B. Bartholmai: Integrierte regionale Analyse und Prognose der sozioökonomischen Leitgrößen für den Güterverkehr in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 1990. Gutachten des DIW im Auftrag des Bundesministers für Verkehr (als Manuskript veröffentlicht), Berlin 1974.

Die modellhafte Abbildung der Wirkungskette Energie — Verkehr muß also die Produktions- und Konsumtions-sphären der Volkswirtschaft mit einbeziehen.

Untersuchungen solcher Zusammenhänge in einem konsistenten Szenariosystem werden derzeit vom Rheinisch-Westfälischen Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) und der Planco GmbH global für die Bundesrepublik erarbeitet. Regionale Differenzierungen solcher Rechnungen erscheinen vorerst ausgeschlossen; es ist aber möglich, globale Veränderungen des gesamtwirtschaftlichen Niveaus auch regional konsistent zu übertragen.

Der Einfluß des Energieangebotes wird in Verkehrsnachfragemodellen nicht nur über die gesamtwirtschaftlichen Rahmendaten wirksam, sondern innerhalb von Teilmodellen für die Kosten der Verkehrsarten auch direkt über den Kraftstoffpreis. Um Konsistenz zwischen Kostenmodellen und ökonomischen Leitdaten zu gewährleisten, sollten daher — und zwar sowohl für Status-quo-Prognosen als auch für Szenariovarianten — die Annahmen hinsichtlich der Energieverfügbarkeit und des Energiepreisniveaus explizit ausgewiesen werden.

2.3 Entwicklung der Prognosetechniken für die Personenverkehrsnachfrage und Bedarf an sozioökonomischen und demographischen Leitdaten

2.3.1 Aggregierte und disaggregierte Prognosetechniken bei Personenverkehrsvorausschätzungen

Die bislang für die Bundesrepublik erarbeiteten Status-quo-Vorausschätzungen der Personenverkehrsnachfrage enthalten durchgängig Prognosemodelle auf der Grundlage von gesamtwirtschaftlich aggregierten Daten. Solche makroökonomisch-orientierten Ansätze sind — auch in regionaler Differenzierung — für Prognosen der gesamten Verkehrsnachfrage in der Volkswirtschaft unverzichtbar. Sie bieten die Gewähr dafür, daß Verkehrsprognosen sich konsistent in den Rahmen von Vorausschätzungen der gesamten Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung einfügen. Darüberhinaus erlauben solche Prognosen „von oben“ eine relativ sichere Abschätzung der Plausibilität von Entwicklungsrichtungen und Größenordnungen, wohingegen fein verästelte Mikro-betrachtungen ohne gesamtwirtschaftliche Einbindung gelegentlich zu Fehleinschätzungen der Bedeutung von Teilergebnissen für die gesamte Nachfrageentwicklung im Verkehrsbereich führen können.

Die gesamtwirtschaftlich bzw. regionswirtschaftlich aggregierten Leitdaten sind im wesentlichen die im Teil 1 besprochenen:

- Bevölkerung,
- Haushalte,
- Schüler,
- Erwerbstätige,
- Beschäftigte nach Sektoren,
- Bruttoinlandsprodukt,
- Pendlersaldo.

Ihre Begrenzung finden die gesamtwirtschaftlichen Prognoseansätze darin, daß die Zusammenhänge zwischen Verkehr und Bevölkerungs- und Wirtschaftsstruktur auf einem hohen Aggregationsniveau untersucht werden. Zusammenhänge, die bei der Betrachtung des Verhaltens einzelner Personen oder bestimmter Bevölkerungsgruppen analysierbar sind und möglicherweise für die Gesamtentwicklung bedeutsame Tendenzen ausdrücken, können bei makroökonomischer Durchschnittsbetrachtung verlorengehen oder nur unvollkommen identifiziert werden.

Für Verkehrsprognosen sind daher in den letzten zehn Jahren neue mikroanalytische Untersuchungstechniken erarbeitet worden, die das Verhalten von Individuen oder Bevölkerungsgruppen analysieren. Bei der Bearbeitung prognostischer Fragestellungen konkurrieren diese Individualverhaltensansätze oder disaggregierten Modelle nunmehr mit den traditionellen Prognoseverfahren, in denen regionsbezogene aggregierte Daten verwendet werden.

Ein Vorteil der Individualverhaltensmodelle liegt insbesondere darin, daß mit ihnen Reaktionen der Verkehrsnachfrager auf Veränderungen verhaltensbeeinflussender Parameter direkter erfaßt werden können als mit regionalen Durchschnittswerten.

Eine sinnvolle Ergänzung beider Ansätze ist daher in solchen Arbeiten denkbar, in denen es sowohl auf gesamtwirtschaftliche Konsistenz als auch auf zutreffende Verhaltensbeschreibung ankommt.

Für disaggregierte Modelle sind bei den sozioökonomischen und demographischen Leitdaten im allgemeinen differenziertere Aufgliederungen der Ergebnisse erforderlich, als sie bei aggregierten Schätzverfahren verwendet werden. So wird in der Regel anstelle eines Gesamt- oder Mittelwertes für jede Region die Verteilung des Beobachtungsobjektes in bezug auf ein oder mehrere weitere Merkmale benötigt (z.B. Haushalte nach Motorisierungsgrad und Einkommen).

2.3.2 Verkehrsnachfragemodelle auf der Grundlage von Individualdaten — Individualverhaltensansätze oder disaggregierte Modelle

2.3.2.1 Verkehrsnachfragemodelle auf der Grundlage des Konzepts verhaltenshomogener Gruppen

2.3.2.1.1 Die Zukunft des europäischen Personenverkehrs (OECD-Studie „Aktion 33“)

Zu Beginn der siebziger Jahre wurde von zwölf europäischen OECD-Mitgliedsländern eine Studie initiiert, die sich mit der künftigen Entwicklung des europäischen Intercity-Personenverkehrs befaßte⁵. Diesem Gemeinschaftsprojekt lag die Absicht zugrunde, die beteiligten Staaten bei der Aufstellung langfristiger Strategien für ein ausgewogenes koordiniertes Verkehrssystem in Westeuropa zu unterstützen. Bestandteil dieser Studie ist ein maßnahmeabhängiges Nachfragemodell, mit dem der Personenverkehr über Entfernungen von mehr als 80 km (in einer Richtung) im Untersuchungsgebiet bis zum Jahre 2000 vorausgeschätzt wurde.

Das Untersuchungsgebiet besteht aus den beteiligten westeuropäischen Ländern einschließlich Griechenlands und des europäischen Teils der Türkei. Es ist auch für die Nachfrageanalyse in 109 Regionen unterteilt. Der Reiseverkehr zwischen diesen Raumeinheiten wird nach drei Fahrtzwecken getrennt behandelt: Geschäftsreisen, Urlaubsreisen und private Kurzreisen.

Das Modell ist für den Geschäftsreiseverkehr einerseits und die privaten Fahrtzwecke andererseits unterschiedlich aufgebaut.

Während der Geschäftsreiseverkehr mit einem Gravitationsmodell aus den Aggregaten Bruttoinlandsprodukt je Region und durchschnittliche Reisezeit abgeleitet wird, findet für die Berechnung des Verkehrsaufkommens im Urlaubsverkehr und im privaten Kurzreiseverkehr eine Kategorienanalyse Anwendung.

Die Verflechtung zwischen den Regionen wird für die privaten Reisezwecke in Abhängigkeit von regionalen Attraktivitätsfaktoren und einer Widerstandsfunktion, die die generalisierte Reisezeit berücksichtigt, berechnet. Die Verkehrsteilung schließlich wird wiederum differenziert nach Kategorien mit Hilfe von reisezeitabhängigen Diversionskurven ermittelt.

Sozioökonomische und demographische Daten werden bei diesem Modellaufbau lediglich für die Kategorienbildung im Bereich der Verkehrserzeugung benötigt. Die für die Modal-Split-Berechnung gebildeten Gruppen berücksichtigen neben der PKW-Verfügbarkeit in den einzelnen Haushalten lediglich fahrtenspezifische Kriterien (Entfernung, Größe der Reisegruppe, Camping- oder Wohnwagentour).

Das Verkehrsaufkommen für die beiden Fahrtzwecke Urlaub und sonstige private Aktivität wird für jeweils 30 Haushaltskategorien ermittelt. Die Haushalte werden dabei untergliedert nach der Verfügbarkeit über einen PKW (PKW-Besitz ja/nein), nach fünf Einkommensstufen und dem Alter der Haushaltsangehörigen (junge Erwachsene, Erwachsene über 65 Jahre, Familien).

In den Übersichten 2.1 und 2.2 sind die verwendete Aufgliederung und die Mobilitätsraten für beide Fahrtzwecke ausgewiesen.

Für die Berechnung des Aufkommens im Geschäfts- und Dienstreiseverkehr werden keine neuen spezifischen Personenverkehrsleitdaten benötigt. Die regionalen Werte für das Bruttoinlandsprodukt sind seit langem Bestandteil von Verkehrsleitdatenprognosen.

⁵ Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD): Schlußbericht der OECD-Studie für die Anforderungen des europäischen (Intercity-) Personenverkehrs, in Zusammenarbeit mit der CEMT und der EG durchgeführte Studie, Paris 1977, deutsche Übersetzung, Original englisch/französisch.

Übersicht 2.1:

Private Kurzreisen¹ pro Kopf nach Haushaltskategorien
— Einfache Fahrten je Person —

Aktion 33

Haushaltskategorie	Einkommensklasse					Total
	A	B	C	D	E	
Haushalte ohne PKW						
Junge Erwachsene (1 od. 2 Personen)	2,83	2,67	2,28	2,38	3,43	2,59
Ältere Erwachsene (1 od. 2 Personen)	1,03	1,1	4,13	1,59	4,95	1,62
Familien	1,1	1,16	1,42	1,19	0,9	1,20
Insgesamt	1,49	1,48	1,66	1,69	2,07	1,60
Haushalte mit PKW						
Junge Erwachsene (1 od. 2 Personen)	5,72	9,52	5,68	4,13	6,6	6,10
Ältere Erwachsene (1 od. 2 Personen)	3,97	2,43	5,55	7,13	3,3	4,21
Familien	3,26	3,53	3,83	4,56	5,97	4,30
Insgesamt	3,94	4,5	4,12	4,54	5,98	4,56
Alle Haushalte	2,09	3,20	3,38	3,97	5,65	3,60

1) Reisen über eine Distanz von mehr als 80 km.

Übersicht 2.2:

Ferienreisen pro Kopf nach Haushaltskategorien

Haushaltskategorie	Einkommensklasse					Total
	A	B	C	D	E	
Haushalte ohne Pkw						
Junge Erwachsene (1 oder 2 Pers.)	2,87 (0,4)	1,62 (0,1)	2,20 (0,07)	1,95 (0,08)	2,43 (0,4)	2,12 (0,1)
Ältere Erwachsene (1 oder 2 Pers.)	1,21 (0,2)	1,33 (0,1)	2,0 (0,06)	1,95 (0,2)	1,84 (0,3)	1,42 (0,1)
Familien	0,76 (0,1)	1,03 (0,1)	1,00 (0,07)	1,67 (0,6)	4,44 (0,2)	1,17 (0,1)
Insgesamt	1,38 (0,1)	1,21 (0,07)	1,4 (0,06)	1,77 (0,4)	3,39 (0,3)	1,43 (0,1)
Haushalte mit Pkw						
Junge Erwachsene (1 oder 2 Pers.)	3,13 (0,5)	2,38 (0,1)	2,38 -	2,9 (0,2)	3,08 (0,3)	2,64 (0,05)
Ältere Erwachsene (1 oder 2 Pers.)	1,42 (0,8)	1,99 (0,3)	4,2 (0,8)	2,69 (0,4)	4,83 (0,7)	2,82 (0,1)
Familien	0,64 (0,2)	1,54 (0,1)	1,79 (0,1)	1,95 (0,01)	2,74 (0,1)	1,87 (0,03)
Insgesamt	1,32 (0,1)	1,71 (0,06)	1,93 (0,1)	2,08 (0,03)	2,83 (0,1)	2,01 (0,01)
Alle Haushalte	1,36 (0,1)	1,50 (0,05)	1,77 (0,07)	2,02 (0,1)	2,88 (0,1)	1,82 (0,03)

Einheit der Reiseerzeugungsrate (Reisehäufigkeit): einfache Fahrt / Person.
In Klammern: Vertrauensbereich bei einer statistischen Sicherheit von 95 vH.

2.3.2.1.2 Simulation der Auswirkungen einer Energieverknappung in regionalen Verkehrssystemen eines Ballungsraumes

Diese von der Kocks Consult GmbH 1977 abgeschlossene Studie befaßt sich mit den Auswirkungen von „erheblichen Preiserhöhungen für Verkehrsleistungen“ auf die Personenverkehrsnachfrage⁶. Die betrachteten Preiserhöhungen ergeben sich in diesem Modell aus einer angenommenen starken Erhöhung des Rohölpreises. Ceteris paribus wird davon ausgegangen, daß der Preis je Liter Kraftstoff auf 3,— DM steigt. Vernachlässigt werden in der Studie die (beträchtlichen) gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen einer derartigen Zunahme des Ölpreises. So formuliert ist die Fragestellung — streng genommen — nur auf den Fall einer sehr starken Anhebung der Mineralölsteuer, nicht aber des Rohölpreises anwendbar.

In dem für diese Studie entwickelten Nachfragemodell werden die Nachfrager nach Verkehrsleistungen zu neun verhaltenshomogenen Gruppen zusammengefaßt. In der Studie selbst werden die Gruppen nicht explizit definiert, vielmehr wird auf eine Arbeit zum Gesamtverkehrsplan des Großraums Nürnberg hingewiesen. Einer Tabellenübersicht (C 2) zu den Wege- und Zeitbudgets der einzelnen Gruppen lassen sich jedoch die Gliederungskriterien entnehmen: Erwerbspersonen — Nichterwerbspersonen (ohne Schüler), Wohnsitz in Stadt- oder Landgemeinde, mit oder ohne PKW. Den so gebildeten acht Gruppen wird offenbar als neunte die nicht weiter differenzierte Gesamtheit der Schüler hinzugefügt.

	Stadt		Land	
	mit PKW	ohne PKW	mit PKW	ohne PKW
Erwerbspersonen				
Nicht-Erwerbspersonen (ohne Schüler)				
Schüler insgesamt				

Mit Hilfe eines Simulationsverfahrens werden die Auswirkungen einer Preiserhöhung für Kraftstoffe auf die Mobilität, die Verkehrsmittelwahl und die Zielbestimmung der Individuen und der Gruppen ermittelt. Dabei werden die Verhaltensänderungen aus den Effekten abgeleitet, die sich durch die Kraftstoffpreiserhöhung für die Kosten- und die Zeitbudgets der Verkehrsnachfrager ergeben. Bei gesamtwirtschaftlich orientierten Prognosen wäre es hier erforderlich, den Einfluß der Ölverteuerung auf die Einkommensentwicklung zu berücksichtigen, d.h. eine Verbindung zwischen der Verbrauchsrechnung der Haushalte und einer Prognose der makroökonomischen Einkommensaggregate herzustellen, die die Auswirkungen von Energiepreiserhöhungen berücksichtigt. Als Forderung an die Prognose der Verwendungsseite des Sozialproduktes ist daher abzuleiten, daß in einer solchen Prognose der Einfluß unterschiedlicher Annahmen über das Energiepreinsniveau zu explizieren wäre.

2.3.2.1.3 Der Fernverkehr in der Bundesrepublik Deutschland unter Bedingungen einer Energieverknappung

Auch in dieser 1979 abgeschlossenen Studie⁷ werden die Auswirkungen einer angenommenen Energieverknappung auf die Verkehrsnachfrage untersucht. Behandelt werden dabei sowohl der Personenfernverkehr als auch der Güterfernverkehr. In der Personenverkehrsuntersuchung werden Fernverkehrsfahrten definiert als grenzüberschreitende Ortsveränderungen im System der 79 Raumeinheiten der Bundesverkehrsplanung, deren Entfernung 50 km übersteigt.

Die Fragestellung der Studie bezieht sich auch hier ceteris paribus auf die Auswirkungen einer Erhöhung des Kraftstoffpreises. Die im vorigen Abschnitt erläuterten Einschränkungen hinsichtlich der Bedeutung einer solchen Fragestellung gelten damit auch hier.

⁶ Kocks Consult GmbH: Simulation der Auswirkungen einer Energieverknappung in regionalen Verkehrssystemen eines Ballungsgebietes, Untersuchung im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Koblenz 1977 (als Manuskript vervielfältigt).

⁷ Arbeitsgemeinschaft Kocks Consult GmbH und Prognos AG: Fernverkehr in der Bundesrepublik Deutschland unter Bedingungen einer Energieverknappung, Band 3, Personenverkehr, Untersuchung im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Düsseldorf 1979 (als Manuskript vervielfältigt).

Das Nachfragemodell für den Personenverkehr besteht aus einer Kategorienanalyse, in der die Nachfrager in sieben Gruppen aufgegliedert werden, und einem Potentialfeldansatz, mit dem die Angebotsstrukturen der konkurrierenden Verkehrsarten erfaßt werden und gleichzeitig eine Gebietstypisierung möglich ist.

Für die Kategorienbildung werden die Kriterien erwerbstätig — nicht erwerbstätig und PKW-Verfügbarkeit bzw. Führerscheinbesitz verwendet. Erwerbstätige mit PKW bzw. Führerschein werden zusätzlich nach ihrem Schulabschluß (Volksschule, Mittelschule und höherer Abschluß) untergliedert, wobei diese Merkmalsdifferenzierung als Proxi-Variable für das Einkommen angesehen wird. Nicht erwerbstätige Personen sind weiterhin in die Gruppen Schüler und sonstige Nicht-Erwerbstätige eingeteilt. Insgesamt ergeben sich damit folgende sieben Kategorien:

	Erwerbstätige		Nicht-Erwerbstätige	
	Volksschule	Mittelschule u. höh. Abschl.	Schüler/ Studenten	Sonstige Nichterwerbstätige
Mit PKW/Führerschein				
Ohne PKW/Führerschein				

Innerhalb des Potentialfeldmodells werden aus dem Bereich der Demographie bzw. der Regionalökonomie lediglich die Variablen Bevölkerung und Beschäftigte benötigt.

2.3.2.1.4 Demographische Determinanten städtischen Personenverkehrs

In seiner 1972 vorgelegten Dissertation zeigt Kutter anhand von empirischen Erhebungen in drei Gemeinden, daß zwischen den individuellen Merkmalen der Personen und den durch die Ortsbezogenheit von Tätigkeiten bedingten Ortsveränderungen enge Zusammenhänge bestehen⁸. In dem von ihm entwickelten Modell werden Bevölkerungsgruppen nach demographischen und sozioökonomischen Kriterien so abgegrenzt, daß innerhalb der Gruppen möglichst weitgehend homogenes Verkehrsverhalten herrscht. „Ziel dieser Analyse ist es, die aufgeklärte Varianz im Verkehrsverhalten einer Population dadurch zu maximieren, daß die Gesamtbevölkerung in Gruppen mit typischem Verhalten zerlegt wird. ...Dabei ist die Varianz zwischen den Gruppen zu maximieren und die Binnenvarianz der Gruppen zu minimieren“⁹.

Mit Hilfe der Faktorenanalyse bestimmt Kutter für sein Modell die minimale Zahl der Gruppen, innerhalb derer sich noch annähernd Verhaltenshomogenität ergibt. Es handelt sich daher also nicht um eine durch Kreuzklassifikation gebildete Kategorienanalyse, sondern um Gruppierungen, die nach empirischer Prüfung der Verhaltensausprägungen auf den einzelnen Merkmalsebenen unterschiedlich stark gegliedert sein können.

Diese bereits 1972 entwickelte Methodik wird im Kern auch heute so verwendet. Die Gliederungskriterien für die Gruppenbildung sind dabei vor allem:

- Lebensalter,
- Geschlecht,
- Stellung im Erwerbsleben,
- Verfügbarkeit über einen PKW.

2.3.2.1.5 Mobilität im Personenverkehr

Eine umfangreiche Studie über Bestimmungsgründe der Mobilität im Personenverkehr wurde 1976 von der Prognos AG im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums erarbeitet¹⁰.

⁸ E. Kutter: Demographische Determinanten städtischen Personenverkehrs, Diss. TU Braunschweig 1972.

⁹ E. Kutter: a.a.O., S. 92.

¹⁰ H. Hautzinger, P. Kessel und Mitarbeiter: Mobilität im Personenverkehr, Untersuchung der Prognos AG im Auftrag des Bundesverkehrsministers, Basel 1976 (als Manuskript vervielfältigt). Eine Zusammenfassung der Ergebnisse wurde veröffentlicht in: H. Hautzinger und P. Kessel: Determinanten der Verkehrsmobilität, Bonn/Bad Godesberg 1977.

Mit Daten einer Stichprobe aus der „Kontinuierlichen Erhebung des Verkehrsverhaltens“ (KONTIV)¹¹ wurden in multivariaten Analyserechnungen typische Abläufe des Mobilitätsverhaltens sowie deren Ursachen und Indikatoren untersucht. Aufbauend auf den Ergebnissen der Rechnungen wurden mehrere Prognoseansätze entwickelt.

Der Mobilitätsbegriff, der dieser Untersuchung zugrundegelegt wurde, umfaßt alle Fußwege und Fahrten mit Verkehrsmitteln bis zu einer Entfernung von 150 km für eine Person im Verlaufe eines Werktages. Verkehrsmobilität wird dabei als zusammengesetzte Größe dargestellt, die aus den beiden Komponenten „Häufigkeit von Wegen und Fahrten je Einwohner und Werktag“ sowie „Länge von Wegen und Fahrten je Einwohner und Werktag“ gebildet wird.

Der Schwerpunkt der Analyse liegt bei den Rechnungen über die Bestimmungsgründe der Wege- und Fahrtenhäufigkeit. Auch die Prognoseansätze beziehen sich auf diese Kennziffer.

Als erklärende Größen für die Verkehrsmobilität wurden in Korrelationsrechnungen insgesamt 45 Variablen geprüft, für die Bestimmungsgründe der Wege- und Fahrtenhäufigkeit allein 36. Aus dieser Vielzahl der geprüften Variablen wurden die drei Merkmale

- Berufstätigkeit,
- Schulbildung,
- Alter

in dieser Reihenfolge als die zentralen Bestimmungsgrößen der Mobilitätsnachfrage bestimmt.

Eine Differenzierung nach Fahrtzwecken zeigt, daß bei den Fahrten, die Gelegenheitscharakter in dem Sinne haben, daß kein unmittelbarer Zwang zur täglichen Durchführung nach demselben Muster besteht (z.B. Freizeitwege, Versorgungswege), sich die Bedeutung der Berufstätigkeit als Erklärungsfaktor mindert. Für den Freizeitverkehr gewinnen dagegen Variablen, die den sozialen Status der betrachteten Person kennzeichnen, an Gewicht.

Geht man von der Betrachtung der Gesamtmobilität zur Analyse der Fahrtenhäufigkeit für einzelne Verkehrsmittel über, so ergibt sich der stärkste Zusammenhang zu den Merkmalen PKW — Führerschein und PKW-Besitz, die untereinander natürlich hoch korreliert sind. Diese Variablen haben erwartungsgemäß eine enge positive Korrelation zur Fahrtenhäufigkeit im Individualverkehr, ein negatives Vorzeichen ergibt sich dagegen zu den übrigen Verkehrsarten. PKW- und Führerscheinbesitzer führen also relativ wenige Ortsveränderungen zu Fuß, mit dem Fahrrad oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln durch¹².

Aus diesen Ergebnissen wurden in der Studie drei Prognoseansätze abgeleitet:

1. Ein Regressionsmodell der Verkehrsmobilität (Fahrtenhäufigkeit) mit dem Motorisierungsgrad als erklärender Variablen (aggregierter Ansatz).
2. Kategorienanalyse mit den Gruppen
 - Erwerbspersonen (Erwerbstätige, Arbeitslose),
 - Rentner (Frauen ab 60, Männer ab 65 Jahren),
 - Sonstige (Hausfrauen, Schüler, Studenten und Lehrlinge).
3. Prognose der mittleren Mobilitätsziffern, differenziert nach Fahrtzwecken.

2.3.2.1.6 Struktur und Effekte von Faktoren der individuellen Aktivitätennachfrage als Determinanten des Personenverkehrs

In dieser Arbeit befaßt sich Wermuth — ebenso wie die im vorigen Abschnitt behandelte Prognos-Studie — mit den Bestimmungsgründen für die Verkehrsmobilität von Individuen¹³.

Dabei analysiert Wermuth Erhebungsdaten über Aktivitätenhäufigkeiten, aus denen Aussagen über die Notwendigkeit von Ortsveränderungen ableitbar sind, mit Hilfe der Varianzanalyse auf die Wirksamkeit von qualita-

¹¹ Sozialforschung Brög: KONTIV, Methoden, Bd. 1, München 1975.

¹² Vgl. dazu auch: Personenverkehrsnachfrage und private Motorisierung, in: Wochenbericht des DIW Nr. 19/78, Bearbeiter: U. Voigt.

¹³ M. J. Wermuth: Struktur und Effekte von Faktoren der individuellen Aktivitätennachfrage als Determinanten des Personenverkehrs, Diss. TU München 1978, veröffentlicht Bad Honnef 1978.

tiven und quantitativen Faktoren. Die Arbeit von Kessel und Hautzinger untersucht dagegen direkt die in KONTIV erfragten Ortsveränderungen.

Die Ergebnisse von Wermuth machen deutlich, daß regionale Einflüsse auf die Aktivitätennachfrage und damit auf die gesamte Mobilität (einschließlich Fußwegen und Radfahrten) vernachlässigbar gering sind und „die beobachtbaren Unterschiede im Aktivitätenverhalten zwischen Bewohnern von Orten unterschiedlicher Verkehrslagegunst zum weitaus größten Teil auf die soziodemographischen Unterschiede zurückzuführen sind, die zwischen diesen Personen bestehen, da zwischen soziodemographischer Struktur und Verkehrslagegunst des Wohnstandortes eine deutliche Assoziation vorhanden ist“¹⁴.

Die Varianzanalyse zeigt weiterhin, daß personenspezifische Charakteristiken den bei weitem größten Teil der beobachteten Varianz erklären. Bei den mit Beruf und Ausbildung zusammenhängenden Aktivitäten ergeben sich für Merkmale der Person Erklärungsanteile von 95 vH bis 99 vH, während in den privaten Aktivitätenkategorien noch Anteile von 17 vH bis 30 vH der Gesamtvarianz auf haushaltsbezogene Faktoren, z.B. Haushaltseinkommen, Beruf des Haushaltsvorstandes etc., zurückzuführen sind¹⁵.

Unter den personenspezifischen Merkmalen „weist der Faktor ‘Beruf’ die stärksten Effekte auf; ebenso sind die Wirkungen der PKW-Verfügbarkeit in allen Aktivitätenkategorien deutlich gesichert. Dagegen sind für die Faktoren ‘Alter’ und ‘Geschlecht’ nicht in allen Aktivitätenkategorien gesicherte Haupteffekte nachweisbar“¹⁶.

Bei einem anschließend durchgeführten Vergleich der Haupteffekte der Einflußfaktoren auf die individuelle Gesamtmobilität und die fahrzeugbezogene Mobilität ergab sich, daß die genannten Faktoren in beiden Fällen in ähnlicher Weise wirken. Gegenüber der Einflußanalyse für die Gesamtmobilität verstärkt sich bei Betrachtung der fahrzeugbezogenen Mobilität lediglich noch der Einfluß der PKW-Verfügbarkeit.

Ein Vorteil des von Wermuth in allgemeiner Form abgeleiteten Modells der Haupteffekte der Aktivitätennachfrage besteht darin, daß der Beitrag von Kategorien, die durch Klassifikation der sozioökonomischen und demographischen Merkmale gebildet werden, quantitativ vernachlässigt werden kann, sofern bestimmte mathematische Bedingungen erfüllt sind. Für diese Modellform sind daher eindimensionale Verteilungen der demographischen Einheiten (z.B. Bevölkerung nach Altersjahrgängen, Haushalte nach Einkommensklassen) ausreichend.

2.3.2.1.7 Analyse und Projektion der Personenverkehrsnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000

Diese vom DIW 1980 abgeschlossene Studie wurde im Auftrag des Bundesministers für Verkehr erarbeitet und enthält eine Vorausschätzung der Personenverkehrsnachfrage unter Status-quo-Bedingungen in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000¹⁷.

Die Prognose wurde mit zwei voneinander unabhängigen Ansätzen erstellt, die jeweils alle betrachteten Verkehrsarten (Eisenbahnverkehr, öffentlicher Straßenpersonenverkehr, Luftverkehr und Individualverkehr) erfassen.

Das erste Prognoseverfahren knüpft an die Entwicklung bei den Fahrtzwecken an. Dabei werden Veränderungen der jeweiligen Verkehrsnachfrage mit Hilfe demographischer und sozioökonomischer Leitvariablen erklärt und prognostiziert. Die Vorausschätzung der Anteile der Verkehrsarten (Verkehrsteilung) an den Fahrtzwecken berücksichtigt zusätzlich den Einfluß des Verkehrsangebotes, insbesondere des PKW-Bestandes und der Attraktivität öffentlicher Verkehrsmittel.

Parallel zu dieser Prognose der aggregierten Verkehrsnachfrage wurde auf der Grundlage der in KONTIV erhobenen Daten ein kategorienanalytisches Prognosemodell für Bevölkerungsgruppen erarbeitet. Während mit dem aggregierten Ansatz vor allem Konsistenz der Verkehrsprognose mit der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung gewährleistet wird, können mit der disaggregierten Betrachtung unterschiedliche Verhaltensmuster der einzelnen Bevölkerungsgruppen erfaßt werden. Die Ergebnisse beider Ansätze wurden aufeinander abgestimmt.

¹⁴ M. J. Wermuth: a.a.O., S. 196.

¹⁵ Ebenda, S. 195.

¹⁶ Ebenda, S. 197.

¹⁷ R. Hopf, H. Rieke und U. Voigt: Analyse und Projektion der Personenverkehrsnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000. Beiträge zur Strukturforchung des DIW, Heft 77/1983.

Die Gliederungskriterien für die Kategorienanalyse wurden auf der Grundlage der Ergebnisse der Arbeiten von Wermuth sowie von Hautzinger und Kessel bestimmt. Die oben zitierten Ergebnisse beider Studien haben übereinstimmend gezeigt, daß als Hauptdeterminanten der fahrzeugbezogenen Mobilität die Berufssituation und die Verfügbarkeit über einen PKW (gekennzeichnet durch Führerschein- oder PKW-Besitz) angesehen werden können. Darüberhinaus ist die PKW-Verfügbarkeit als wichtigster Einflußfaktor bei der Verkehrsmittelwahlentscheidung anzusehen.

Da auch für diese Studie KONTIV die Datenbasis bildete, wurde die Berufssituation bzw. die sozioökonomische Stellung mit den dort verwendeten Kategorien beschrieben:

- Hausfrau,
- Rentner,
- in Berufsausbildung,
- in Schul- oder Hochschulausbildung,
- Arbeiter,
- Angestellter,
- Beamter,
- Landwirt,
- Selbständiger,
- mithelfender Familienangehöriger.

Die Verfügbarkeit eines PKW wurde anhand des PKW-Besitzes mit den drei Kategorien

- PKW-Besitzer,
- Haushaltsangehörige von PKW-Besitzern (Personen, die nicht selbst PKW-Besitzer sind, in deren Haushalt aber ein PKW vorhanden ist),
- Personen ohne PKW im Haushalt

charakterisiert.

Insgesamt wurde damit das Verkehrsverhalten von 30 Bevölkerungsgruppen untersucht. In der Studie wurde auch eine Vorausschätzung dieser Gruppen global für die Bundesrepublik im Jahre 2000 erarbeitet.

2.3.2.2 Verkehrsnachfragemodelle auf der Grundlage individueller Nutzenmaximierung

2.3.2.2.1 Mikroökonomische Grundlagen

Grundlage dieser vor allem in den USA entwickelten Modelle ist die neoklassische mikroökonomische Theorie des Haushalts. Mit dieser Theorie wird versucht, die Entscheidungsregeln von Wirtschaftssubjekten hinsichtlich der optimalen Zusammensetzung ihrer Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen zu bestimmen. Ausgangspunkt ist dabei traditionellerweise das Problem, bei gegebenen Einkommen diejenige Mengenkombination von Gütern abzuleiten, die den sich in einer konsistenten Präferenzordnung ausdrückenden Nutzen des Individuums maximiert¹⁸. Die Entscheidung bezieht sich also auf die Auswahl von Werten (Gütermengen) stetiger Variablen.

Dieses in allen mikroökonomischen Lehrbüchern enthaltene Grundmodell der neoklassischen Haushaltstheorie ist um den Fall der Auswahl unter diskreten Alternativen (z.B. Benutzung von Pkw oder von öffentlichen Verkehrsmitteln) ergänzt worden. An die Stelle einer deterministischen Nutzenmaximierung, die mit Hilfe der Differentialrechnung zu beschreiben ist, tritt ein stochastischer Ansatz, der es erlaubt, Wahrscheinlichkeiten für die nutzenmaximale Einschätzung von Alternativen und deren Auswahl durch das betrachtete Individuum zu bestimmen¹⁹.

¹⁸ Auf die problematische Annahmen des neoklassischen Haushaltsmodells (isolierte Entscheidungsbildung, homo oeconomicus) soll hier nicht eingegangen werden.

¹⁹ Vgl. T. Domencich und D. McFadden: *Urban Travel Demand*, Amsterdam/Oxford/New York 1975 sowie M.G. Richards und M.E. Ben-Akiva: *A Disaggregate Travel Demand Model*, Westmead/Lexington 1975.

Die stochastische Modellstruktur ergibt sich aus den Annahmen über die Nutzenfunktion des Individuums. Es wird davon ausgegangen, daß sich die (ordinale) Nutzenfunktion

N_{it} t : Index zur Bezeichnung des betrachteten Individuums
 i : Index zur Bezeichnung der betrachteten Alternativen

additiv aus einer deterministischen Komponente

$u_{it}(X_i, S_i)$ X_i : Eigenschaften der Alternative i
 S_i : Sozioökonomische Merkmale des Individuums t

und einer Zufallsvariablen

e_{it}

zusammensetzt.

Für die Annahme einer probabilistischen Nutzenverteilung werden vier Gründe angeführt, die sich auf den Zufallscharakter von Datenerhebung und Messung von Sachverhalten beziehen²⁰:

1) nicht erfaßte Eigenschaften

Nicht alle Eigenschaften, die eine Alternative charakterisieren, sind einer Beobachtung oder einer statistischen Erfassung zugänglich. Der Argumentbereich der Nutzenfunktion enthält daher einen Teil von Variablen, der bezüglich statistischer Erfassung als zufallsbedingt angesehen werden muß. Insofern ergibt sich auch für den Nutzen eine Zufallsverteilung.

2) nicht erfaßte Einschätzungsunterschiede

Die gleiche Argumentation wie unter 1) gilt für Merkmale von Personen, die intersubjektiv unterschiedliche Vorlieben oder Geschmacksausprägungen begründen. Auch hier bewirken nicht beobachtbare Variablen im Argumentbereich der Nutzenfunktion einen stochastischen Charakter der Nutzenverteilung.

3) Meßfehler

Es wird angenommen, daß die bei statistischer Beobachtung und Erfassung auftretenden Meßfehler zufallsverteilt sind, so daß auch hierdurch ein stochastisches Element in die Nutzenfunktion eingeführt wird.

4) Hilfsvariablen

Sofern der Einfluß von statistisch nicht meßbaren Eigenschaften durch die ersatzweise Berücksichtigung von Hilfsvariablen erfaßt wird, wirkt sich die möglicherweise stochastische Art des Zusammenhangs zwischen beiden Größen auch auf die Nutzenfunktion aus.

Auf der Grundlage einer so spezifizierten Nutzenfunktion wird die Wahrscheinlichkeit für die Auswahl der in Betracht kommenden Alternativen bestimmt:

$$P(i:A_t) = P(U_{it} \geq U_{jt}, \forall j \in A_t),$$

wobei A_t die Menge der dem Individuum t zur Verfügung stehenden Alternativen bezeichnet. Diese mathematische Formulierung bedeutet, daß die Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte Alternative zu wählen, der Wahrscheinlichkeit, daß der Nutzen dieser Alternative den Nutzen aller anderen übertrifft oder zumindest gleicht, entspricht. Setzt man die oben beschriebene Nutzenfunktion in den Ausdruck zur Bestimmung der Wahrscheinlichkeit ein, so ergibt sich:

$$P(i:A_t) = P[u_{it}(X_i, S_i) + e_{it} \geq u_{jt}(X_j, S_i) + e_{jt}, \forall j \in A_t]$$

oder nach Umformung

$$P(i:A_t) = P[u_{it}(X_i, S_i) - u_{jt}(X_j, S_i) \geq e_{jt} - e_{it}]$$

Da u_{it} eine deterministische Funktion der Merkmale der Alternativen und der sozioökonomischen Charakteristiken der Entscheidungspersonen ist, wird die mathematische Form des probabilistischen Modells von den Annahmen über die Verteilung der e_{it} bestimmt.

²⁰ Vgl. M. Ben-Akiva und S. Lerman: Travel Behaviour: Theories, Models and Prediction Methods, Chapter 3 (Veröffentlichung in Vorbereitung).

2.3.2.2.2 Multinomiales Logitmodell

Nimmt man an, daß die Zufallselemente der Nutzenfunktion unabhängig voneinander und identisch verteilt sind und legt als Verteilungstyp die Gumbel-I-Verteilung²¹ zugrunde, so ergibt sich als analytischer Ausdruck zur Bestimmung der Auswahlwahrscheinlichkeit einer Alternative das multinomiale Logitmodell²²

$$P(i:A_i) = \frac{e^{u_{it}(X_i, S_i)}}{\sum_{j \in A_t} e^{u_{jt}(X_j, S_i)}}$$

Dieser Ansatz weist den Vorteil auf, daß er mathematisch-statistisch leicht handhabbar ist. Für Anwendungsrechnungen wird u_{it} im allgemeinen als lineare Funktion dargestellt. Die Parameter können im Fall von Individualbeobachtungen, bei denen die abhängige Variable nur die Werte 1 oder 0 (ja oder nein-Entscheidung), nicht jedoch Wahrscheinlichkeitswerte zwischen 0 und 1 annehmen kann, mit dem Maximum-Likelihood-Verfahren geschätzt werden. Bei gruppierten Beobachtungswerten lassen sich die Anteilswerte der einzelnen Alternativen als Auswahlwahrscheinlichkeiten interpretieren und die Parameter der Nutzenfunktion auch mit dem Verfahren der kleinsten Quadrate schätzen.

Diese leichte Handhabbarkeit wird jedoch um den Preis von Annahmen über die Nutzenfunktion erkauft, die im Bereich der Verkehrsnachfrage unrealistisch erscheinen. Von Wermuth werden eine Reihe von Kritikpunkten zusammengefaßt:

„So ist insbesondere die zweifellos bestehende Tatsache ausgeschlossen, daß die stochastische Nutzenkomponente zweier in Zusammenhang stehender Alternativen sogar in Beurteilung durch ein und dieselbe Person oder durch Personen ähnlicher oder gleicher Individualmerkmale korreliert sind. Außerdem wird unterstellt, daß die stochastischen Nutzenkomponenten völlig unterschiedlicher Alternativen bei völlig unterschiedlichen Personen identische Wahrscheinlichkeitsvorstellungen besitzen. Das heißt z.B., daß — bei gleichem Bruttonutzen zweier Alternativen (z.B. Arbeiten an zwei gleichwertigen Arbeitsplätzen) — bei sehr unterschiedlicher Reisedauer (mit Erwartungswerten von 90 bzw. 10 Minuten) die Beurteilung dieser beiden Alternativen durch dieselbe oder durch verschiedene Personen einen gleich großen Schwankungsbereich von z.B. 5 Minuten aufweist. Wie sich außerdem zeigen läßt, ergeben sich unrealistische Ergebnisse, wenn die verschiedenen Alternativen in einem kausalen Zusammenhang stehen, wie z.B. bei der Routenwahl, wenn zwei alternative Routen teilweise identische Abschnitte aufweisen.

Überspitzt könnte man sagen, das Logitmodell als Erklärungsansatz des Verhaltens erfüllt nicht die Zielsetzung, tatsächliches Verhalten so zu beschreiben, wie es ist, sondern wendet vielmehr das Rezept an, Verhalten so zu definieren, daß es in ein mathematisch lösbares Konzept paßt.

Die vereinfachenden Annahmen des Logitmodells kommen auch in der IIA-Eigenschaft²³ zum Ausdruck, die ebenfalls der Realität im allgemeinen widerspricht. So kann in der Realität die Veränderung der Zahl von Alternativen i.a. schon zu veränderten Annahmewahrscheinlichkeitsrelationen führen. Wird beispielsweise zu bereits bestehenden Verkehrsmitteln des ÖPNV (z.B. Bus und Strab) eine zusätzliche ÖPNV-Alternative (U-Bahn) angeboten, so ist in stärkerem Maß ein Übergang von bisherigen ÖPNV-Nutzern auf das neue Verkehrsmittel zu erwarten als beispielsweise von PKW-Nutzern²⁴.

2.3.2.2.3 Probit-Modell

Um die Einschränkung durch IIA-Eigenschaft zu vermeiden wurde versucht, Entscheidungsmodelle ohne diese Bedingung zu entwickeln. Diese Ansätze unterscheiden sich hinsichtlich der mathematischen Annahmen

²¹ In der Literatur wird häufig die Weibull-Verteilung als dem Logit-Modell zugrundeliegende Annahme genannt. Dies geht auf einen Bezeichnungsirrtum McFaddens zurück (vgl. z.B. Urban Travel Demand ... a.a.0.), der sich durch eine Reihe von weiterführenden Arbeiten zieht.

²² Vgl. zur mathematischen Darstellung: M. Wermuth: Verhaltensorientierte Verkehrsnachfragemodelle — Konzeption und praktische Anwendbarkeit, o.O., o.J.

²³ „Independence of irrelevant alternatives“, diese Eigenschaft des Logitmodells bedeutet, daß das Verhältnis der Auswahlwahrscheinlichkeiten zweier Alternativen von Merkmalen einer anderen Alternative unabhängig ist.

²⁴ M. Wermuth: a.a.0., Abschnitt 3.1.2.

vom Logit-Modell. In Bezug auf die hier besonders interessierenden Anforderungen an Leitdaten existieren dagegen keine grundlegenden Unterschiede. Im folgenden werden diese Modelle daher nur in ihrer Grundstruktur beschrieben, ohne auf die mathematischen Details einzugehen²⁵.

Im Probit-Modell wird angenommen, daß die stochastischen Bestandteile e_{it} der Nutzenfunktion normal verteilt sind. Im Unterschied zu den Annahmen des Logitansatzes können die Standardabweichungen σ_i^2 der Alternativen unterschiedliche Werte annehmen.

Betrachtet man zunächst die binäre Entscheidung, zwischen den beiden Alternativen i und j zu wählen, so ergibt sich die Auswahlwahrscheinlichkeit für die Alternative i aus

$$P(i:A_i) = P(u_{it} - u_{jt} \geq e_{jt} - e_{it}).$$

Da e_{it} und e_{jt} als normal verteilt vorausgesetzt werden mit Varianzen σ_i^2 und σ_j^2 , einer Kovarianz σ_{ij}^2 sowie (ggf. transformierten) Mittelwerten von Null, ergibt sich nach dem allgemeinen Additionsgesetz für unabhängige, normalverteilte Zufallsvariable, daß auch die Variable $E = e_{it} - e_{jt}$ normal verteilt ist mit dem Mittelwert Null und der Varianz $\sigma^2 = \sigma_i^2 + \sigma_j^2 - 2\sigma_{ij}$.

Mit diesen Ergebnissen erhält man für die oben spezifizierte Auswahlwahrscheinlichkeit der Alternative i :

$$P(i:A_i) = \int_{\epsilon = -\infty}^{u_{it} - u_{jt}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-1/2 \left(\frac{\epsilon}{\sigma}\right)^2} d\epsilon.$$

Dieser Ausdruck wird als binäres Probit-Modell bezeichnet und kann mit Hilfe entsprechender Tabellen der Normalverteilung ermittelt werden.

Im Fall von mehr als zwei Alternativen läßt sich die Auswahlwahrscheinlichkeit nur approximativ und mit großem Rechenaufwand bestimmen. Hierin ist zweifellos ein Nachteil des Probitmodells zu sehen, zumal die auftretenden Fehler bei der Berechnung beträchtlich sein können, und Angaben über die Genauigkeit der Approximation nicht möglich sind²⁶.

Diese Schwierigkeiten in der rechnerischen Bestimmung dürften auch der Grund dafür sein, daß trotz der größeren Flexibilität des Probitmodells (keine IIA-Eigenschaft, nicht notwendig identische Varianzen für die stochastischen Komponenten der Nutzenfunktionen bei den Alternativen) für praktische Anwendungen vorwiegend der Logit-Ansatz verwendet wurde.

2.3.2.2.4 Andere Entscheidungsmodelle

Nur kurz skizziert werden sollen im folgenden das Nested-Logit-Modell und das Dodgit-Modell. Praktische Anwendungen beider Verfahren liegen noch nicht sehr zahlreich vor. Zudem bestehen gegenüber den zuvor behandelten Ansätzen keine Unterschiede hinsichtlich der Anforderungen an sozioökonomische und demographische Leitdaten.

Das Nested-Logit-Modell wurde aus dem Logit-Modell abgeleitet und beschreibt das Auswahlverhalten als einen sequentiellen Entscheidungsvorgang, bei dem die Alternativen hierarchisch angeordnet sind.

So wird bei der Verkehrsmittelwahl zum Beispiel davon ausgegangen, daß sich der Verkehrsteilnehmer zunächst zwischen bestimmten Klassen von Verkehrsmitteln entscheidet (z.B. zwischen individuellen Verkehrsmitteln und öffentlichen Verkehrsmitteln) und auf einer nachgeordneten Entscheidungsstufe die Auswahl unter den jeweils einer Klasse zugeordneten spezifischen Alternativen (z.B. Bus oder Straßenbahn) trifft. Die Annahmewahrscheinlichkeit einer bestimmten Alternative läßt sich dann als Produkt bedingter Wahrscheinlichkeiten bestimmen²⁷.

²⁵ Vgl. dazu insbesondere: M. Ben-Akiva und S. Lerman: Travel Behaviour ..., a.a.O., Kap. 4 und 5.

²⁶ M. Wermuth: Verhaltensorientierte ... a.a.O., Abschnitt 3.1.3.

²⁷ Zum mathematischen Aufbau des Modells vgl. M. Wermuth: a.a.O., Abschnitt 3.1.5.

Dieses Modell vermeidet — abgesehen von einigen Sonderfällen — die IIA-Eigenschaft. Wermuth weist jedoch darauf hin, daß die Kalibrierung bislang grundsätzliche Schwierigkeiten bereitet.

Das Dodgit-Modell kann als eine Verallgemeinerung des Logit-Ansatzes aufgefaßt werden. Zur Berücksichtigung des Einflusses der übrigen Alternativen auf die Auswahl von i — und damit zur Vermeidung der IIA-Eigenschaft — werden nichtnegative Parameter O_i in die Formel zur Berechnung der Auswahlwahrscheinlichkeit eingeführt.

$$P_i^d = c(e^{u_i} + O_i \cdot \sum_i e^{u_i})$$

c : Proportionalitätskonstante

Aus der Bedingung, daß sich die Auswahlwahrscheinlichkeiten aller Alternativen zu Eins ergänzen, ergibt sich:

$$P_i^d = \frac{e^{u_i} + O_i \cdot \sum_i e^{u_i}}{(1 + \sum_i O_i) \cdot \sum_i e^{u_i}}$$

Für den Fall $O_i=0$ für alle $i=1, \dots, n$ ist das Dodgit-Modell mit dem Logit-Ansatz identisch.

2.3.2.2.5 Aggregation individueller Entscheidungswahrscheinlichkeiten

Die in den vorigen Abschnitten beschriebenen Modelle analysieren das Entscheidungsverhalten von Individuen und erlauben Aussagen über die Wahrscheinlichkeit, mit der einzelne Wirtschaftssubjekte bestimmte Alternativen auswählen.

Als Grundlage von Verkehrsplanungen werden jedoch in der Regel Vorausschätzungen der aggregierten Nachfrage nach Verkehrsleistungen für das jeweils betrachtete Untersuchungsgebiet benötigt. Um also disaggregierte Modelle für die Verkehrsplanung verwenden zu können, bedarf es einer Prozedur, mit der individuelle Wahrscheinlichkeiten der Alternativenauswahl zu gesamtäumlichen Nachfrageschätzungen aggregiert werden. Die Vorteile disaggregierter Modelle, insbesondere die differenzierte Erfassung der Reaktion von Individuen auf Änderungen der Systemvariablen können nur dann in den Planungsprozeß eingebracht werden, wenn es gelingt, eine solche Aggregationsprozedur hinreichend exakt und praktikabel zu gestalten. Andernfalls besteht die Gefahr, entweder einen Teil der gewonnenen Information zu verlieren oder unzutreffende gesamtäumliche Schätzwerte zu erhalten. „The efficiency in the use of data and accuracy of calibration of the disaggregate models may be dissipated in computationally burdensome aggregation procedures“²⁸.

Die theoretisch korrekte Art der Aggregation, nämlich die Summation der individuellen Wahrscheinlichkeiten aller Einwohner des Untersuchungsgebietes, scheidet als Möglichkeit für empirische Untersuchungen aus. Für diese Berechnung wäre die Kenntnis der im Modell spezifizierten sozioökonomischen und demographischen Eigenschaften aller Personen zusammen mit den Systemmerkmalen der relevanten Verkehrsarten, wie sie für den einzelnen erreichbar sind, notwendig. Die Annahme einer solchen Datenverfügbarkeit wäre jedoch — vom Rechenaufwand abgesehen — absolut unrealistisch. Empirisch bedeutsame Aggregationsprozeduren könne daher nur Approximationen an die theoretisch korrekte Vorgehensweise sein.

In Anlehnung an Ben-Akiva und Lerman²⁹ werden im folgenden diejenigen Verfahren zur Aggregation individueller Entscheidungswahrscheinlichkeiten behandelt, denen in empirischen Arbeiten praktische Bedeutung zukommt:

1) Naive Aggregationsprozedur

Bei diesem Verfahren wird ein „durchschnittliches Individuum“ konstruiert, dessen Auswahlwahrscheinlichkeiten mit Hilfe des disaggregierten Modells berechnet und als repräsentativ für die Gesamtbevölkerung des Untersuchungsraumes angesehen werden. Im Falle von nicht linearen Nutzenfunktionen, wie z.B. dem Logit-Modell, entsteht dabei ein Aggregationsfehler, der anhand des folgenden Beispiels deutlich gemacht werden kann: Betrachtet wird eine binäre Entscheidungssituation, die Verkehrsmittelwahl zwischen Auto (A) und Bus (B).

²⁸ Charles River Associates: Disaggregate Travel Demand Model, Project 8-13: Phase II Report, Boston 1978.

²⁹ M. Ben-Akiva und S. Lerman: Travel Behaviour ..., a.a.O., Kap. 6.

Entscheidungssubjekte seien die Personen (oder Personengruppen) 1 und 2. Die Wahrscheinlichkeit, das Auto zu benutzen, ergibt sich für Person 1 aus:

$$P_1(A) = P_1(A:A,B) = P[U_A, (X_A^1, X_B^1, S_1) \geq U_B, (X_A^1, X_B^1, S_1)]$$

und für Person 2 aus

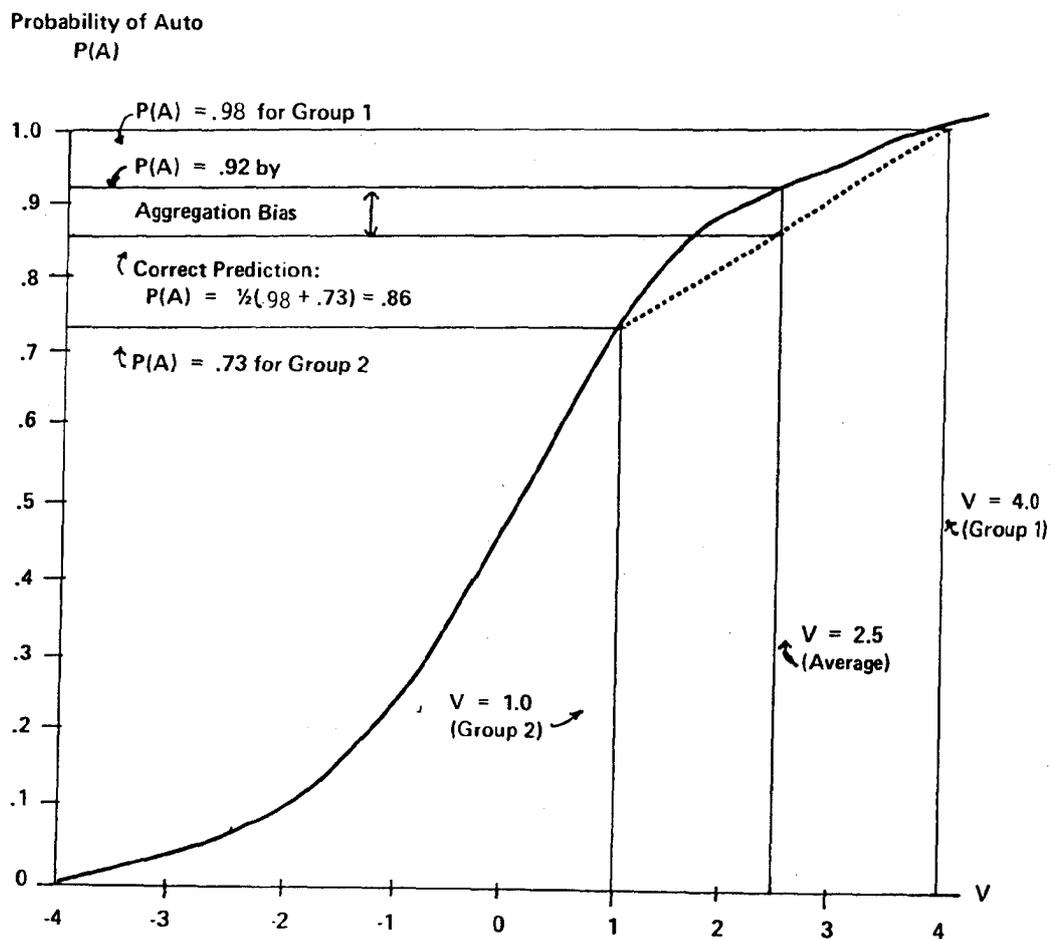
$$P_2(A) = P_2(A:A,B) = P[U_A, (X_A^2, X_B^2, S_2) \geq U_B, (X_A^2, X_B^2, S_2)]$$

Faßt man beide Werte zusammen, so ergibt sich die aggregierte Wahrscheinlichkeit für die Benutzung des Autos

$$P(A) = \frac{P_1(A) + P_2(A)}{2}$$

Schaubild 2.1

Illustration of Aggregation Bias with Hypothetical Example



Assume:

(1) $V = 1.0 - 0.12T - 6.0C;$

(2) $P(A) = \frac{1}{1 + e^{-V}}$

Quelle: Charles River Associates: Disaggregate Travel Demand Models, Project 8-13: Phase II Report.

Das „durchschnittliche Individuum“ wird demgegenüber aus den Mittelwerten der unabhängigen Variablen von Person 1 und Person 2 gebildet:

$$\bar{X}_A = \frac{X_A^1 + X_A^2}{2}, \bar{X}_B = \frac{X_B^1 + X_B^2}{2}, \bar{S} = \frac{S_1 + S_2}{2}$$

Die nach der naiven Aggregationsmethode berechnete mittlere Wahrscheinlichkeit für die Autobenutzung ergibt sich dann aus

$$P(A) = P(A:A,B) = P [U_A(\bar{X}_A, \bar{X}_B, \bar{S}) \geq U_B(\bar{X}_A, \bar{X}_B, \bar{S})]$$

Für den Fall der Logit-Funktion zeigt das im Schaubild 2.1 dargestellte quantitative Beispiel, daß $P(A)$ und $\bar{P}(A)$ grundsätzlich nicht übereinstimmen. Dieses Ergebnis gilt generell für alle nicht linearen Nutzenfunktionen, sofern über Personen mit unterschiedlichen Nutzenwerten aggregiert wird. Die Differenz $P(A) - \bar{P}(A)$ wird als Aggregationsfehler bezeichnet.

2) Klassifikationsverfahren

Dieses auch als Marktsegmentierung bezeichnete Verfahren ist eine Weiterentwicklung und eine Verfeinerung der naiven Aggregationsprozedur.

Da der Aggregationsfehler generell mit zunehmender Varianz der unabhängigen Variablen ansteigt, liegt es nahe, die Gesamtpopulation in homogenere Untergruppen zu unterteilen und dieses naive Aggregationsverfahren darauf anzuwenden. Für jedes der durch einfache Variablenuntergliederung oder durch Kreuzklassifikation gebildeten Marktsegmente sind daher die entsprechenden Mittelwerte der unabhängigen Variablen zu bestimmen und die Auswahlwahrscheinlichkeiten für die einzelnen Alternativen mit Hilfe des disaggregierten Modells zu errechnen. Der aggregierte Schätzwert für die Gesamtpopulation ergibt sich als gewogenes arithmetisches Mittel aus den gruppenspezifischen Wahrscheinlichkeiten, wobei die Anteile der einzelnen Marktsegmente an der Gesamtpopulation die Gewichte bilden.

Bei der Auswahl der Merkmale, die zur Klassifizierung herangezogen werden³⁰, ist darauf zu achten, daß ein enger Zusammenhang zur jeweiligen Wahlentscheidung besteht. Angestrebt wird, daß die Variabilität des Verkehrsverhaltens zwischen den Gruppen möglichst groß, innerhalb der Gruppen jedoch möglichst gering ist.

3) Aggregation mit Hilfe von Stichprobenergebnissen

Das Ziel der Aggregation individueller Wahlhandlungen besteht darin, Wahrscheinlichkeiten oder Anteile für die Alternativenauswahl innerhalb der Gesamtpopulation zu erhalten. Schätzwerte dafür lassen sich auch gewinnen durch repräsentative Stichprobenerhebungen, in denen der Anteil der von den Befragungspersonen ausgewählten Alternativen (z.B. hinsichtlich der Verkehrsmittelbenutzung) erfaßt wird.

Dieses Verfahren läßt sich auch auf Stichproben anwenden, die nicht Zufallscharakter haben, sondern im Hinblick auf bestimmte Bevölkerungsgruppen stratifiziert sind. Im Beispiel der Verkehrsmittelwahl wäre hier zunächst der Modal Split innerhalb der einzelnen Gruppen zu bestimmen und der Schätzwert für die Gesamtpopulation daran anschließend als gewogenes arithmetisches Mittel der gruppenspezifischen Anteile zu berechnen.

Die Auswirkungen von Veränderungen der unabhängigen Variablen — z.B. von politiksensitiven Angebotsgrößen — lassen sich mit diesem Verfahren repräsentativ für die gesamte Bevölkerung ermitteln. Die jeweiligen unabhängigen Variablen, die sich für die Befragungspersonen aus der Erhebung ergeben haben, wären entsprechend zu modifizieren und die resultierenden Verhaltensänderungen mit einem disaggregierten Modell zu berechnen. Durch Zusammenfassen der Stichprobenergebnisse wird ein Schätzwert für die Änderungen der aggregierten Werte bestimmt.

Ein systematischer Vergleich der mit den verschiedenen Aggregationsmethoden verbundenen Approximationsungenauigkeiten ist von Koppelman vorgenommen worden³¹. Dabei ergab sich, daß das Klassifikationsverfahren sehr gute Annäherungswerte ergibt, auch wenn die Zahl der gebildeten Marktsegmente relativ gering bleibt. Es ist bei diesem Ansatz jedoch von besonderer Bedeutung, daß die einzelnen Segmente keine Teilgruppen enthalten, deren verfügbare Alternativen sich stark voneinander unterscheiden.

³⁰ Es handelt sich hier um dieselbe Problematik, die bereits im Bereich der Kategorienanalyse erörtert wurde. Vgl. Abschnitt 4.2.

³¹ F.J. Koppelman: Alternative aggregation procedures, Massachusetts Institute of Technology, Center for Transportation Studies, CTS-Report 75-10, 1975.

Die Verwendung von Stichprobenergebnissen bietet unter den Aggregationsprozeduren die größte Flexibilität, wenn es darum geht, den Einfluß und die Bedeutung politischer Maßnahmen auf unterschiedliche Bevölkerungsgruppen abzuschätzen. Während bei der Klassifikationsmethode Bewertungen nur auf der Grundlage der ursprünglich definierten Klassen möglich sind, erlauben Veränderungsrechnungen anhand von Stichprobenergebnissen beliebige Aggregationen. Dieses Verfahren hat zusätzlich den Vorteil, daß keine a-priori-Annahmen über die Verteilung der Systemmerkmale des Verkehrsangebotes in Bezug auf die Bevölkerung des Untersuchungsraumes notwendig sind.

Die Aggregation anhand von Stichprobenergebnissen ist andererseits schwierig anzuwenden, wenn es um räumlich gegliederte Prognosen geht. Der Stichprobenumfang, der notwendig wäre, um alle interregionalen Beziehungen repräsentativ abzudecken, steigt bekanntlich mit dem Quadrat der betrachteten Teilregionen. Somit ergeben sich für empirische Erhebungen sehr enge Grenzen der Praktikabilität und der Finanzierbarkeit.

Bei der unterschiedlichen Eignung der einzelnen Verfahren für bestimmte Fragestellungen kann die Entscheidung über die Aggregationsprozedur nicht generell getroffen sondern muß für jede Untersuchung spezifisch in Abhängigkeit von Umfang, Erkenntnisziel und Datenverfügbarkeit bestimmt werden. Aus der Analyse zahlreicher vorliegender Studien ziehen Ben-Akiva und Lerman das Fazit, „most empirical applications to date have used either classification or sample enumeration. Classification tended to be used when spatially disaggregated predictions are essential as is often true for facility-level planning. At the other extreme, sample enumeration has proven most useful when only area-wide forecasts are needed“³².

Für die hier behandelte Problemstellung, Leitdaten für gesamtwirtschaftliche, regional differenzierte Verkehrsprognosen zu bestimmen, ergibt sich daher, daß die Klassifikation anhand von sozioökonomischen und demographischen Strukturdaten sowohl aus theoretischer als auch aus anwendungsbezogener praktischer Sicht den Anforderungen disaggregierter Verhaltensmodelle auf der Grundlage der individuellen Nutzenmaximierung entspricht.

2.3.2.2.6 Unabhängige Variable für disaggregierte Nutzenmaximierungsmodelle

Die unabhängigen Variablen der Nutzenfunktion setzen sich aus Systemmerkmalen der betrachteten Alternativen (z.B. Verkehrsmitelegenschaften wie Reisezeiten und Reisekosten) und Merkmalen der erfaßten Personen zusammen.

Bei den Variablen, die das Verkehrssystem kennzeichnen, kann man zwei Bereiche unterscheiden: zum einen diejenigen Merkmale, die grundsätzlich objektiv meßbar sind, wie Reisezeiten, Reisekosten, Zu- und Abgangszeiten, Frequenzen und Parkplatzverfügbarkeit; zum anderen Daten, die von subjektiver Bewertung und Einstellung abhängig sind wie Komfort, Sauberkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit.

In den meisten vorliegenden Verkehrsnachfragestudien werden zur Erklärung des Verhaltens Daten der ersten Gruppe verwendet. Die Benutzung von unreflektiert erhobenen Bewertungsdaten (attitudinal data) kann zu widersprüchlichen Ergebnissen führen, wie das folgende Beispiel in nicht untypischer Weise zeigt.

„An analysis of the data showed that automobile users consistently express more satisfaction with the attributes of transit than did those who actually used transit, possibly because many automobile users simply do not know what the local bus system is like. Relationships between mode choice and satisfaction variables were therefore largely spurious and often contradictory“³³.

Dennoch kann aus dem geschilderten Zusammenhang nicht abgeleitet werden, daß einstellungsbezogene Daten zur Erklärung des Verkehrsnachfrageverhaltens keinen sinnvollen Beitrag leisten können. Ihre Benutzung erfordert jedoch eine sorgfältige Abwägung der Aussagekraft und eine Abstimmung mit dem zu verwendenden analytischen Verfahren.

Die Zahl der bislang mit Hilfe des Logitansatzes und seiner mathematisch-statistischen Weiterentwicklungen bearbeiteten Verkehrsnachfrageuntersuchungen ist — vor allem in den USA — äußerst umfangreich, so daß eine

³² M. Ben-Akiva und S. Lerman: *Travel Behaviour...*, a.a.O., Abschnitt 6.4.

³³ S.M. Howe und G.S. Cohen: *Statewide Disaggregate Attitudinal Models for Primary Mode Choice*, in: *Transportation Research Record* No. 610, Washington D.C. 1976.

Behandlung und Darstellung einzelner Studien den hier gegebenen Rahmen sprengen würde³⁴. Die zur Kennzeichnung des Entscheidungssubjekts verwendeten sozioökonomischen und demographischen Daten beziehen sich in der Mehrheit auf Kennzeichen des Haushalts (Einkommen, PKW-Verfügbarkeit, Ausbildungsstand des Haushaltsvorstand etc.), in einer Reihe von Fällen aber auch — auf Merkmale der Person (Beruf, Ausbildung, Geschlecht, Alter etc.).

Bei diesen Variablen kann danach unterschieden werden, ob sie den aktuellen ökonomischen und demographischen Status der betrachteten Person bzw. des Haushalts beschreiben (sogenannte „low level indicators“) oder ob die Lebenssituation des Individuums in einem geschlosseneren Zusammenhang seines persönlichen und sozialen Bezugsrahmens (life style, life cycle) gekennzeichnet wird. Erklärungsansätze des Verkehrsverhaltens auf der Grundlage der letzten Klassifizierung haben erst in neuerer Zeit an Bedeutung gewonnen³⁵, obwohl das Konzept bereits seit längerem bekannt ist³⁶. Bei Anwendungen disaggregierter Modelle überwiegt allerdings die Kennzeichnung der Entscheidungssubjekte durch die konventionellen sozioökonomischen und demographischen Merkmale.

Für diesen Bereich läßt sich aus einer Reihe von Studien folgender Katalog der am häufigsten verwendeten Leitdaten zusammenstellen:

- Haushaltseinkommen,
- Einkommen des Haushaltsvorstands,
- persönliches Einkommen,
- Schul- bzw. Hochschulabschluß des Haushaltsvorstands,
- persönlicher Schul- bzw. Hochschulabschluß,
- Stellung des Haushaltsvorstands im Beruf,
- persönliche Stellung im Beruf,
- Alter,
- Geschlecht,
- Rassenzugehörigkeit,
- Zahl der PKW im Haushalt,
- Zahl der Führerscheininhaber im Haushalt,
- persönlicher Führerscheinbesitz.

Als wichtigste Determinante der Verkehrsnachfrage wird neben der PKW-Verfügbarkeit häufig das Haushaltseinkommen genannt und in der überwiegenden Mehrzahl aller Studien auch als unabhängige Variable zur Kennzeichnung des ökonomischen Status verwendet. Eine vergleichende Untersuchung von Tardiff³⁷ relativiert jedoch die Bedeutung dieser Variablen. Aus der vergleichenden Analyse von Daten einer personenbezogenen Stichprobenerhebung in Los Angeles wird gefolgert, daß die Angaben zur Stellung im Beruf oder zum Bildungsabschluß einen höheren Erklärungswert für das Verkehrsverhalten haben als die Einkommensvariable. Da die Verweigerungsquote von Befragungspersonen zudem beim Merkmal Einkommen höher als bei den Angaben zur beruflichen Stellung oder zum höchsten Ausbildungsabschluß ist, empfiehlt Tardiff, die berufs- und bildungsbezogenen Variablen zumindest gleichberechtigt in den Analyseprozeß einzubeziehen.

Wie bereits erwähnt, wird in einigen Verkehrsnachfragestudien versucht, die Kennzeichnung der Individuen durch ökonomische und demographische Statusvariablen zu ergänzen oder durch ein Konzept zu ersetzen, das sich an der Lebensform und am Lebensabschnitt der betrachteten Personen orientiert. Unter Lebensform (als Übersetzung von „life style“) werden in diesem Zusammenhang die Verhaltensweisen verstanden, die sich aus der Orientierung gegenüber drei grundlegenden „Lebensentscheidungen“ ergeben: die Bildung eines Haushalts, die Teilnahme am Berufsleben und die Einstellung zur Freizeit.

Von den Vertretern dieses Konzepts wird argumentiert, daß mit den genannten „Entscheidungen“ ein bestimmtes Verhaltensmuster festgelegt wird, so daß sich die daraus ergebenden Kategorien gut zur Bestimmung von Marktsegmenten eignen. Um im Planungsprozeß verwendbar zu sein, ist es notwendig, das Konzept zu ope-

³⁴ Eine umfangreiche und relativ aktuelle bibliographische Zusammenstellung findet sich in dem Buch von D.A. Hensher und L.W. Johnson: *Applied Discrete Choice Modelling*, London/New York 1981.

³⁵ Vgl. z.B. P.A. Allaman und T.J. Tardiff: *Usefulness of Indicators of Household Structure and Characteristics of Residential Zones in Trip Generation Methods*. Paper presented at the 61st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C. 1982; sowie J. Salomon und M.E. Ben-Akiva: *The Use of the Life Style Concept in Travel Demand Models*, Paper presented at the 61st meeting at the Transportation Research Board, Washington D.C. 1982.

³⁶ Vgl. z.B. T.A. Domencich und D. McFadden: a.a.O., S. 193 f.

³⁷ T.J. Tardiff: *Comparism of Effectiveness of various Measures of socioeconomic Status in Models of Transportation Behaviour*, in: *Transportation Research Record No. 534*, Washington D.C. 1975.

rationalisieren und die definierenden Kategorien so zu bestimmen, daß sie aus generell verfügbaren Daten ableitbar sind. In den beiden zitierten Studien wurden zur Kennzeichnung von Lebensform und Lebensabschnitt folgende haushaltsbezogene Variablen benutzt:

- 1) Anzahl von Personen in bestimmten Altersgruppen im Haushalt,
- 2) Haushaltstyp, charakterisiert durch:
 - alleinlebenden Mann,
 - alleinlebende Frau,
 - nicht verwandte bzw. nicht verheiratete Personen,
 - verheiratete oder nicht verheiratete Paare mit weniger als 10 Jahren Altersunterschied,
 - alleinerziehende Elternteile (männliche oder weibliche Personen mit Kindern),
 - Kernfamilien (verheiratete Paare mit Kindern unter 20 Jahren),
 - Erwachsenen-Familien mit Kindern (zwei oder mehr Erwachsene mit Kindern),
 - Erwachsenen-Familien (Erwachsene mit gleichen Nachnamen, keine Kinder).
- 3) Wohnung im Einfamilienhaus,
- 4) Grundschul- oder Vorschulkinder im Haushalt,
- 5) Mindestens ein Haushaltsmitglied ist als „homemake“ beschäftigt,
- 6) Alter des Haushaltsvorstands,
- 7) Haushaltsgröße,
- 8) Haushaltsjahreseinkommen,
- 9) Anteil des Einkommens, das vom männlichen Haushaltsvorstand verdient wird,
- 10) Anteil des Einkommens, das vom weiblichen Haushaltsvorstand verdient wird,
- 11) höchster Ausbildungsstand im Haushalt,
- 12) Stellung im Beruf des männlichen Haushaltsvorstands,
- 13) Stellung im Beruf des weiblichen Haushaltsvorstands.

Diese Aufgliederungen gehen teilweise beträchtlich über die Datenanforderungen konventioneller disaggregierter Nachfragemodelle hinaus. Für ein flächendeckendes Regionssystem der Bundesrepublik könnte der Großteil der benötigten Variablen derzeit aus der amtlichen Statistik nicht bereitgestellt werden, obwohl grundsätzlich nahezu alle Merkmale z.B. in der geplanten Volkszählung 1983 erfaßt werden³⁸.

Für analytische Arbeiten ist daher eine entsprechende Datenbereitstellung generell denkbar. Bei der sehr differenzierten Aufgliederung der Haushaltsmerkmale dürfte es weitgehend von der Größe der Raumeinheiten abhängen, ob die Identifizierung von Einzelangaben ausgeschlossen werden kann, oder ob gegebenenfalls Konflikte mit dem Grundsatz des Schutzes von Individualdaten zu befürchten sind.

Für Prognosen der angegebenen Variablen sind sicherlich Abstriche hinsichtlich der möglichen Differenzierung notwendig. Dies gilt insbesondere für die simultane Bestimmung von demographischer Haushaltsstruktur und ökonomischen Variablen. Darüberhinaus sind derzeit keine operationalen soziologischen Modelle bekannt, die regional gegliederte Vorausschätzungen der aufgeführten Haushaltstypen erlauben.

2.3.2.3 Verkehrsnachfragemodelle auf der Grundlage des Situationsansatzes

Unter dem Begriff Situationsansatz werden die seit einiger Zeit entwickelten Verfahren zusammengefaßt, die die Einschränkungen des Entscheidungsverhaltens des Individuums durch objektive Restriktionen und subjektiv wirksame Bedingungen in der Analyse berücksichtigen. Dabei kann durchaus das Konzept homogener Gruppen verwendet werden. Jedoch ergeben sich dabei nicht verhaltenshomogene, sondern situationshomogene Gruppen.

In einer Studie von Brög, Heuwinkel und Neumann sind nach diesem Konzept Einflüsse auf das Verkehrsmittelwahlverhalten von Reisenden untersucht worden³⁹. Dabei wird die Entscheidung des Individuums, ein öffentli-

³⁸ Vgl. Wohnungs- und Haushaltsbogen zur Volkszählung 1983, Probeerhebung.

³⁹ W. Brög, D. Heuwinkel, K.H. Neumann: Psychological Determinants of User Behaviour, Round Table 34, European Conference of Ministers of Transport, Paris 1977.

ches Verkehrsmittel oder den PKW für den Weg zum Arbeitsplatz zu benutzen, durch eine hierarchische Folge von objektiven und subjektiven Einschränkungen der Entscheidungsfreiheit erklärt. Zu den objektiven Begrenzungen der Verkehrsmittelwahlfreiheit zählen z.B. die Kriterien, ob das Individuum über einen PKW verfügen kann und ob für die in Betracht kommende Fahrt ein Angebot von öffentlichen Verkehrsmitteln existiert. Eine weitere Einschränkung kann durch fehlende Information über das öffentliche Verkehrsangebot überhaupt oder über bestimmte Attraktivitätsmerkmale begründet sein. Schließlich unterliegt eine Reihe von Personen auch subjektiven Einschränkungen ihres Entscheidungsverhaltens durch Vorurteile und gefühlsmäßige Bindungen an ein Verkehrsmittel. So verbleibt nur ein Teil aller Verkehrsmittelbenutzer, der eine rationale Wahlentscheidung anhand der Merkmale der jeweiligen Verkehrsmittel trifft. In der zitierten Studie, die sich mit dem Berufsverkehr in der Bundesrepublik befaßt, wird diese Gruppe mit 10 vH aller Reisenden angegeben.

Die Kennzeichnung der individuellen Entscheidungssituation wird verbessert, wenn die angegebenen Einschränkungen nicht auf die Gesamtheit aller Reisenden, sondern auf Gruppen bezogen werden, die durch sozio-ökonomische und demographische Kriterien abgegrenzt sind. „It has been shown, that the attempt to relate individual situations of modal choice to socio-demographic structures has much to be said for it“⁴⁰. Es werden die in der Studie verwendeten Aufgliederungen allerdings nicht aufgezählt. Vielmehr wird auf die Arbeiten von Kutter (vgl. 2.3.2.1.4) und die dort genannten Merkmale Geschlecht, Alter, soziale Gruppe und PKW-Besitz verwiesen.

Ein situationsorientiertes Verhaltensmodell der Verkehrsmittelwahl ist 1980 von Wermuth vorgelegt worden⁴¹. Anhand von Daten einer schriftlichen Haushaltsbefragung in der Region Rhein-Neckar werden in dieser Studie Schätzwerte für die Wirkung der oben genannten objektiven und subjektiven Einschränkungen auf die Entscheidungsfreiheit der Verkehrsmittelbenutzer quantifiziert. Für den verbleibenden Teil der wahlfreien Verkehrsteilnehmer (34 vH) wird ein Probit-Ansatz mit den Reisezeiten als unabhängige Variable zur Beschreibung der Entscheidungssituation verwendet.

Die Verkehrsnachfrage wird nach insgesamt sechs Fahrtzwecken unterschieden; die Verkehrsmittelbenutzer werden nach folgenden Merkmalen differenziert:

- Alter (4 Ausprägungen),
- Beruf, definiert als Kombination von Erwerbstätigkeit, Stellung im Beruf bzw. Wirtschaftssektor des Arbeitsplatzes (11 Ausprägungen),
- Geschlecht.

Von den durch Kreuzklassifikation entstehenden 88 Teilgruppierungen waren nur 42 von praktischer Bedeutung. Auf der Grundlage dieser Differenzierung wurden die Modellparameter geschätzt.

Das jüngste Anwendungsbeispiel für den Situationsansatz ist eine Arbeit der Socialdata und der Deutschen Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR) über verhaltensbestimmende Determinanten im Bereich des Personenfernverkehrs⁴². In dieser Studie wird der Situationsansatz zunächst methodisch fundiert und in die Systematik von Nachfragemodellen eingeordnet.

Unter Bezug auf neuere Arbeiten in der Systemtheorie wird die Bedeutung einer zuverlässigen Kennzeichnung der empirischen Basis im Rahmen von Modellbildungen sozialer und ökonomischer Prozesse methodologisch begründet und damit auch eine Erfahrung, die in der empirischen Wirtschaftsforschung seit längerem vorliegt, bestätigt.

In diesem Kontext wird argumentiert, daß die historische Entwicklung bei der Herausbildung gesellschaftlich/ökonomischer Systeme eine entscheidende Rolle spielt. Sie kann die Struktur gleichartiger Erscheinungen an unterschiedlichen Orten (z.B. den Modal-Split und das Verkehrsaufkommen) in verschiedener Weise prägen. Daher kommt bei der Erarbeitung umfassender Modelle der Beschreibung des Ausgangszustandes entscheidende Bedeutung zu. Die für den Planer wichtige Reagibilität auf ordnungspolitische oder investive Maßnahmen sollte dann von einem Modell beschrieben werden, das direkt einen Zusammenhang zwischen solchen Maßnahmen und Änderungen des Systems beschreibt. Modelle dieser Art werden in der Literatur als „Marginalmodelle“ oder „inkrementale Methoden“ bezeichnet.

Unter Verwendung des Situationsansatzes werden in der Studie solche Veränderungsrechnungen in Bezug auf den Ausgangszustand für die verkehrspolitischen Maßnahmenfelder

⁴⁰ W. Brög, D. Heuwinkel, K.H. Neumann: a.a.O., S. 31.

⁴¹ M.J. Wermuth: Ein situationsorientiertes Verhaltensmodell der individuellen Verkehrsmittelwahl, in: Zeitschrift für Regionalwissenschaft, Heft 1/80, S. 94 ff.

⁴² Socialdata und Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt: Individualverhaltensmodell des Personenfernverkehrs auf der Basis des Situationsansatzes, Studie im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, München und Köln 1982.

- Veränderung der Reisezeitrelationen,
- Veränderung der Reisekostenrelationen,
- Veränderung von anderen Service-Komponenten

durchgeführt.

Da in den privaten Fahrtzwecken des Fernverkehrs — Urlaubsverkehr und Freizeitverkehr — haushaltsbezogene Merkmale als Erklärungsvariable für die Verkehrsnachfrage einen gewichtigen Anteil haben, wurden zur demographischen und sozioökonomischen Strukturierung der Bevölkerung Kennzeichen des Haushalts verwendet. Dabei wurden nach Haushaltstyp und PKW-Verfügbarkeit folgende Kategorien gebildet:

- Haushaltstyp
 - Erwerbstätigenhaushalt ohne Kinder
 - Erwerbstätigenhaushalt mit Kindern
 - Nichterwerbstätigenhaushalt
- PKW-Verfügbarkeit
 - Haushalt mit PKW
 - Haushalt ohne PKW

Durch Kreuzklassifikation ergaben sich somit insgesamt 6 Gruppen, die der Analyse zugrundegelegt wurden.

2.3.3 Grundlegende Leitdaten für Nachfragemodelle des Personenverkehrs auf der Grundlage von personen- und haushaltsbezogenen Individualdaten

Wie die vorangegangene Darstellung gezeigt hat, besteht eine außerordentliche Vielfalt an verhaltensorientierten Analyse- und Prognoseansätzen für den Personenverkehr. Auch ist derzeit nicht abzusehen, daß es bald zu einer Vereinheitlichung oder Standardisierung anwendungsorientierter Modelle kommt. Die Arbeiten in den einzelnen verhaltensorientierten Forschungseinrichtungen werden im Gegenteil mit hoher Intensität vorangetrieben, so daß künftig eher eine weitere Differenzierung der Modelle zu erwarten ist. Die einzelnen Modelle differieren ebenfalls beträchtlich hinsichtlich des Bedarfs an sozioökonomischen und demographischen Input-Daten.

Die umfangreichsten Anforderungen werden dabei — wegen der vollständigen Kreuzklassifikation der Merkmale — von dem methodisch einfachsten Ansatz, der Kategorienanalyse, gestellt. Sofern die Aggregation der Individualergebnisse von Nutzenmaximierungsmodellen mit Hilfe der Marktsegmentierung erfolgt, entsteht der gleiche Datenbedarf auch bei Logit- und Probitansätzen.

Demgegenüber verwenden sowohl das Modell der Haupteffekte (Wermuth) als auch der Ansatz, verhaltenshomogene Gruppen mit Hilfe der Faktorenanalyse zu bilden, reduzierte Aufgliederungen der jeweiligen Population. Eine grundlegende Vereinfachung erbringt allerdings nur das Haupteffektenmodell, da es lediglich eindimensionale Verteilungen der Merkmale benötigt, während für die Bildung homogener Verhaltens- oder Situationsgruppen eine mehrdimensionale Klassifikation — wenn auch auf den einzelnen Merkmalsebenen in unterschiedlichem Umfang — erfolgt.

Die hier vorzuschlagende Differenzierung der Leitdaten muß außerdem berücksichtigen, daß für einzelne Bausteine des 4-Stufenalgorithmus unterschiedliche methodische Ansätze mit entsprechend differenzierten Leitdatenanforderungen verwendet werden können.

Für die Abläufe

- Verkehrserzeugung — Trip-End-Modal-Split — Verkehrsteilung,
- simultane Bestimmung von Verkehrserzeugung und Trip-End-Modal-Split — Verkehrsverteilung,
- Verkehrserzeugung — Verkehrsverteilung — Trip-Interchange-Modal-Split,
- simultane Bestimmung der drei Modellstufen⁴³,
- Modelle für einzelne Modellstufen

sind daher die relevanten Leitdatenkombinationen zu untersuchen⁴⁴.

⁴³ Ein solches Modell ist unter den vorgestellten Ansätzen nicht vertreten.

⁴⁴ Die Verkehrsumlegung erfordert keine spezifischen demographischen oder ökonomischen Informationen und kann daher hier außer Betracht bleiben.

Für die Verkehrsverteilung ergibt sich, daß hier durchgängig aggregierte Werte benötigt werden, da es bei diesem Modellschritt darum geht, Potentialgrößen für die Attraktivität von Raumeinheiten zu verwenden. Im wesentlichen werden disaggregierte Leitdaten daher für die Rechnungen zur Verkehrserzeugung und zur Verkehrsmittelwahl benötigt.

Die weitgehendsten Aufgliederungen von personenbezogenen Merkmalen werden unter den vorgestellten Modellen in der DIW-Prognose 2000 und dem Situationsmodell zur Verkehrsmittelwahl von Wermuth verwendet. In beiden Studien wird die Kreuzklassifikation zur Gruppenbildung verwendet. Während bei Wermuth aus den Merkmalen Alter, Beruf und Geschlecht 88 Teilgruppierungen gebildet werden, von denen nur 42 von praktischer Bedeutung sind, ergeben sich in der DIW-Studie aus den Merkmalen Stellung im Beruf bzw. soziale Funktion und PKW-Verfügbarkeit insgesamt 30 Gruppen.

Aus der im Abschnitt 1 behandelten Vorausschätzung der Wohnbevölkerung ergibt sich die Verteilung der Einwohner der Raumeinheiten nach Alter und Geschlecht, so daß eine Kreuzklassifikation beider Merkmale aus diesem Teil der Leitdatenprognose zur Verfügung steht.

Die beiden Mobilitätsstudien von Prognos (vgl. 2.3.2.1.5) und von Wermuth (vgl. 2.3.2.1.6) hatten übereinstimmend ergeben, daß die am engsten mit der Fahrtenmobilität assoziierten Merkmale die Berufstätigkeit und die Verfügbarkeit über einen PKW sind. Beide Merkmale sind auch unter den personenbezogenen Variablen die am häufigsten verwendeten. Es liegt daher nahe, diese Verteilung als zusätzliches Leitdatenfeld für disaggregierte Personenverkehrsprognosen anzubieten. Die in der Übersicht 2.3 — mit Mobilitätsraten für 1975 — wiedergegebene Aufgliederung ist so ausreichend detailliert, daß sich die meisten der in den zitierten Studien verwendeten demographischen und sozioökonomischen Variablen daraus ableiten lassen.

Übersicht 2.3:

**Private Motorisierung sozioökonomischer Bevölkerungsgruppen¹
in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1975**
— Personen in Tausend —

Sozioökonomische Gruppen	PKW-Besitzer	Haushaltsangeh. von PKW-Bes.	Pers. ohne PKW im Haushalt	Insgesamt
Hausfrauen	845	6 983	2 949	10 777
Rentner	1 423	1 564	5 036	8 023
Auszubildende	227	983	325	1 535
Schüler und Studenten	609	5 915	1 312	7 836
Arbeiter	4 316	1 753	2 053	8 122
Angestellte	6 527	3 208	1 909	11 644
Beamte	2 057	221	293	2 571
Selbständige Landwirte	344	63	36	443
Übrige Selbständige	1 589	197	171	1 957
Mithelfende Familienangeh.	171	510	51	732
Bevölkerung insgesamt	18 108	21 397	14 135	53 640

1) Einwohner über 10 Jahre.
Quellen: KONTIV 1975/76 und Berechnungen des DIW.

Die Dominanz der personenbezogenen gegenüber den haushaltsbezogenen Erklärungsfaktoren, wie sie die Mobilitätsstudien ergeben haben, ist sicherlich zu einem Teil auch darauf zurückzuführen, daß im untersuchten Fahrtenaufkommen der Nahverkehr, der besonders von Individualmerkmalen bestimmt wird, ganz eindeutig überwog. Isolierte Betrachtungen des Fernverkehrs zeigen dagegen, daß in den Reisezwecken Urlaub und Freizeit den haushaltsbezogenen Merkmalen ein hoher Erklärungswert zukommt⁴⁵. Auch die obengenannten Ar-

⁴⁵ Vgl. z.B. „Aktion 33“ und die Studie von Socialdata und DFVLR: Individualverhaltensmodell des Personenverkehrs..., a.a.O.

beiten (Wermuth und Prognos) haben ergeben, daß, selbst wenn der Nahverkehr überwiegt, in den privaten Fahrtzwecken (vor allem Einkauf und Freizeit) neben den genannten Individualfaktoren weitere Einflüsse von Bedeutung sind.

In der Studie der Prognos AG, in der nur Individualdaten geprüft wurden, hatte sich ergeben, daß für die Erklärung des Freizeitverkehrs auch Variablen, die den sozialen Status des Individuums kennzeichnen, an Gewicht gewinnen.

Wermuth, der neben Individualmerkmalen auch haushalts- und regionsbezogene Variablen geprüft hat, ermittelte für den Freizeitverkehr einen überdurchschnittlichen Erklärungsanteil von Faktoren, die sich auf den gesamten Haushalt beziehen.

Diese Ergebnisse zeigen, daß es erforderlich ist, neben den Individualmerkmalen auch haushaltsbezogene Daten für verhaltensorientierte Verkehrsprognosen zur Verfügung zu haben. Dies gilt umso mehr, wenn auch beabsichtigt ist, das Konzept „Lebensform, Lebensabschnitt“ (life-style, life-cycle) zur Erklärung des Verkehrsverhaltens zu verwenden. Ein wesentlicher Bestandteil dieses Konzepts ist es, die Möglichkeiten und Beschränkungen für das Aktivitätenverhalten des Individuums auf die Struktur des Haushalts und auf seine Rolle innerhalb dieser Gruppe zurückzuführen. Während in den „konventionellen“ Nachfragemodellen — vor allem im angelsächsischen Raum — das Einkommen die neben der Modernisierung am häufigsten benutzte Variable zur Kennzeichnung des Haushalts ist, verwendet das „Lebensform“-Konzept stärker soziologisch geprägte Strukturinformationen über die Zusammensetzung des Haushalts (vgl. die Zusammenstellung im Abschnitt 2.3.2.2.6).

Eine gegenüber dieser äußerst detaillierten Aufgliederung stark reduzierte haushaltsbezogene Kennzeichnung wird bei den Anwendungen des Situationsansatzes in der Studie der Sozialdata und der DFVLR benutzt⁴⁶. Hier wird jeweils danach differenziert, ob Kinder im Haushalt leben, mindestens ein Haushaltsmitglied erwerbstätig ist und der Haushalt über einen PKW verfügt. Bei jeweils linearer Untergliederung ergeben sich acht Haushaltgruppen, die für einige Beispielrechnungen noch stärker aggregiert werden.

Bei aller Differenziertheit der zitierten Verkehrsnachfragemodelle ergeben sich doch einige sozioökonomische und demographische Merkmale, die bei den meisten Ansätzen zumindest einen Teilbereich der benötigten haushaltsbezogenen Inputdaten abdecken. Insbesondere kommt folgenden vier Merkmalen besondere Bedeutung zu:

- Einkommen,
- Erwerbstätigkeit,
- Kinder,
- PKW-Verfügbarkeit.

Obwohl diese Merkmale jährlich im Mikrozensus erhoben werden, sind sie regional bislang nicht simultan ausgewertet worden. Vor allem liegen hinsichtlich von Prognosen bislang keine Erfahrungen vor. Empfehlungen, welcher Teilbereich dieser Verteilung gegebenenfalls in das System einer Prognose von Verkehrsleitdaten einbezogen werden soll, können daher erst nach einer Analyse der Datenverfügbarkeit und nach Testrechnungen gegeben werden.

2.4 Datenbasis und Testrechnungen für disaggregierte Personenverkehrsleitdaten

Umfang und Detaillierung der zu prognostizierenden Leitdaten werden auch von den für Ex-post-Perioden zur Verfügung stehenden empirischen Erhebungsergebnissen bestimmt. Die amtlichen statistischen Quellen für regionale demographische und sozioökonomische Strukturdaten sind in der Übersicht 2.4 zusammengestellt. Dabei handelt es sich durchweg um Großerhebungen, die periodisch durchgeführt werden⁴⁷.

Die im vorigen Abschnitt vorgeschlagene Aufgliederung der Wohnbevölkerung nach der Zugehörigkeit zu sozioökonomischen Gruppen bzw. nach der Stellung im Beruf kann nahezu vollständig aus der Volkszählung 1970 für die 79 Planungsregionen entnommen werden⁴⁸.

Insgesamt werden in den entsprechenden Sonderauswertungen des Statistischen Bundesamtes die Merkmale

⁴⁶ Vgl. Socialdata und DFVLR: Individualverhaltensmodell..., a.a.O.

⁴⁷ Vgl. B. Bartholmai, H. Birg u.a.: Möglichkeiten und Grenzen der Regionalisierung der sektoralen Strukturberichterstattung, Gutachten des DIW in Zusammenarbeit mit dem Institut für Siedlungs- und Wohnungswesen, Münster, Koordination W. Kirner und R. Thoss, in: Beiträge zur Strukturforschung des DIW, Heft 64, Berlin 1981, S. 70.

⁴⁸ Statistisches Bundesamt: Fachserie A, Bevölkerung und Kultur, Volkszählung vom 27.5.1970, Heft 2, Ausgewählte Strukturdaten für nichtadministrative Gebietseinheiten und Heft 4.2, zusammengefaßte Daten über Bevölkerung und Erwerbstätigkeit für nicht administrative Gebietseinheiten, Stuttgart/Mainz 1972.

Übersicht 2.4:

Elemente eines regionalstrukturellen Informationssystems

	Produktion und Faktoreinsatz					Bevölkerung priv. Haushalte u. Erwerbspotential			Einkommen und privater Verbrauch			Öffentliche Haushalte			Handelsverflechtungen								
	Produktion	Arbeitskräfte	Qualifikation der Arbeitskräfte	Offene Stellen	Pendler	Investitionen	Anlagevermögen	Bevölkerung	Erwerbspotential	Arbeitslose	Private Haushalte	Einkommen aus unselbständiger Arbeit	Einkommen aus Unternehmertätigkeit und Vermögen	Transferinkommen	Privater Verbrauch	Wohnungsnachfrage	Personelle Infrastruktur	Materielle Infrastruktur	Transfers an Unternehmen	Unternehmensbesteuerung	Einnahmen und Ausgaben der Gemeinden	Handelsverflechtungen	Auslandsumsatz
Volks- und Berufszählungen	X	X	X	X			X	X		X													
Arbeitsstättenzählungen	X	X									X						X						
Zinsen im produzierenden Gewerbe	X	X				X																	X
Gebäude- und Wohnungszählungen															X		X						
Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung der Länder	X	X				[X]	[X]					[X]	[X]										
Bevölkerungsstatistik								X	X														
Wanderungsstatistik								X	X														
Mikrozensus								(X)	(X)	(X)													
Statistik für das verarbeitende Gewerbe (früher Industrieberichterstattung)	X	X				X																	X
Bauberichterstattung	X	X				X																	
Handwerksberichterstattung	X	X				X																	
Bautätigkeitsstatistik						X									X								
Wohnungsbestandsstatistik															X								
Wohnungstichproben											(X)	(X)			(X)								
Fremdenverkehrsstatistik	X	X																					
Güterbewegungsstatistik																							X
Lohn- und Einkommensstatistik											X	X			X								
Einheitswertstatistik						X																	
Umsatzsteuerstatistik	X													X									
Realsteuerstatistik																			X				
Statistik der kommunalen Finanzen																	X	X		X	X		
Personalstandsstatistik			X												X								
Lohn- und Gehaltsstatistik		X	X								X												
Beschäftigtenstatistik		X	X	X																			
Statistik der Arbeitsverwaltung			X	X					X														
Statistiken für den Infrastrukturbereich																X	X						

()=Stichproben mit begrenzten Möglichkeiten für eine Regionalisierung
 []=Anforderungen der EG

- Beamter,
- Angestellter,
- Arbeiter,
- selbständiger Landwirt,
- Selbständiger in übrigen Bereichen,
- mithelfender Familienangehöriger,
- Schüler, Studierender,
- Auszubildender

ausgewiesen. Die Gruppe „Rentner“ wurde aus der Struktur der Regionsbevölkerung nach Alter und Geschlecht abgeleitet, die Kategorie „Hausfrauen“ ergab sich durch Saldierung mit der Gesamtbevölkerung der jeweiligen Raumeinheit. Mit Hilfe von Fortschreibungsergebnissen für die nach Alter und Geschlecht differenzierte Wohnbevölkerung wurden die so ermittelten Daten für das Jahr 1975 aufdatiert.

Auf der Grundlage der PKW-Bestandsstatistik des Kraftfahrtbundesamtes konnte die Wohnbevölkerung nach dem im vorhergehenden Abschnitt genannten Kategorien der PKW-Verfügbarkeit

- PKW-Besitz,
- Haushaltsangehöriger von PKW-Besitzern,
- Person ohne PKW im Haushalt

differenziert werden.

Mit diesen Daten stehen die Zeilen- und Spaltensummen der Verteilung der vorgeschlagenen Individualmerkmale für das Jahr 1975 zur Verfügung.

Für die Kreuzklassifikation der beiden Merkmale „sozioökonomische Stellung“ und „PKW-Verfügbarkeit“ muß bislang von einer bundeseinheitlichen Verteilung ausgegangen werden, da entsprechende flächendeckende Regionaldaten in den vorhandenen Statistiken nicht verfügbar sind.

In Testrechnungen für das Bundesverkehrsministerium wurde die in der DIW-Personenverkehrsprognose 2000 ermittelte globale (auf die gesamte Bundesrepublik bezogene) Verteilung zugrundegelegt. Diese wurde mit Hilfe eines doppelt proportionalen Ausgleichsalgorithmus⁴⁹ auf die regionalen Randvektoren abgestimmt⁵⁰.

Für die ebenfalls im vorigen Abschnitt diskutierten haushaltsbezogenen Merkmale

- Haushaltseinkommen,
- Erwerbstätigkeit,
- Zahl der Kinder
- PKW-Verfügbarkeit

könnte als Datengrundlage die mit dem Mikrozensus kombinierte Wohnungsstichprobe verwendet werden, da die entsprechenden Variablen in der Erhebung erfaßt wurden. Neben der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe, die — bei allerdings weit geringerem Stichprobenumfang — eine Kreuzklassifikation der drei Merkmale Einkommen, Erwerbstätigkeit und PKW-Verfügbarkeit zuläßt, wäre die Wohnungsstichprobe als statistische Quelle für haushaltsbezogene Beobachtungsfälle Leitdaten geeignet. Mit einem Stichprobensatz von 1% umfaßt diese Erhebung ca. 200 000 haushaltsbezogene Beobachtungsfälle und erlaubt damit im Vergleich zur Einkommens- und Verbrauchsstichprobe (ca. 45 000 Befragungshaushalte) eine weitergehende — auch regionale — Aufgliederung der Ergebnisse.

Die Erhebung ist gegliedert in

- eine Anschriftenliste, die eine regionale Zuordnung der erfaßten Haushalte ermöglicht;
- einen Gebäudebogen, der die Merkmalscharakterisierungen des Gebäudes enthält, in dem die Wohnung des jeweiligen Haushalts liegt;
- einen Wohnungsbogen mit Angaben über Merkmale der Wohnung, ihrer Nutzung und des Wohnumfeldes, darunter eine Reihe verkehrsbezogener Merkmale;
- einen Haushaltsbogen, der aus dem Mikrozensus übernommene Charakteristika des Haushalts enthält.

⁴⁹ Vgl. R. Stäglin: MODOP — ein Verfahren zur Erstellung empirischer Transaktionsmatrizen, in: Anwendungen statistischer und mathematischer Methoden auf sozialwissenschaftliche Probleme, Arbeiten zur angewandten Statistik, Würzburg 1972, Hrsg. H. Münzner und W. Wetzel.

⁵⁰ Die Ergebnisse dieser Rechnungen sind ausgewiesen in: H. Birg und U. Voigt: Verbesserung der Leitdatenvorausschätzung für regionale Verkehrsprognosen, Gutachten des DIW im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1982 (als Manuskript vervielfältigt).

Die besondere Qualität der Wohnungsstichprobe als Quelle für Leitdaten von Personenverkehrsuntersuchungen liegt in der Verknüpfbarkeit der haushaltsbezogenen Merkmale mit Angaben über die Motorisierung, die als Bestandteil der Wohnungsstichprobe im Wohnungsbogen erfaßt sind, innerhalb des jährlich durchgeführten Mikrozensus jedoch nicht erhoben werden.

Um Anhaltspunkte darüber zu gewinnen, ob die Ergebnisse bei einer flächendeckenden Regionalisierung für die 79 Regionen der Bundesverkehrswegeplanung als repräsentativ angesehen werden können, wurden die vom Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellten Daten der Stichprobe für die Merkmale „Zahl der Einwohner je Region“ und „Zahl der PKW je Region“ mit Vergleichsdaten der amtlichen Statistik für das Jahr 1978 konfrontiert. Für das Merkmal „Haushalt“, das in der Mikrozensus-Stichprobe Gegenstand des Auswahlverfahrens ist, stammen dagegen die aktuellsten Regionsergebnisse aus der Volkszählung von 1970, so daß ein Vergleich hier durch den um acht Jahre differierenden zeitlichen Bezug und auch durch die eingetretenen Änderungen in der Regionsabgrenzung beeinträchtigt wird.

In den Übersichten 2.5 und 2.6 sind die Ergebnisse der Wohnungsstichprobe und die Daten der amtlichen Bevölkerungsfortschreibung bzw. der PKW-Bestandstatistik des Kraftfahrt-Bundesamtes vergleichend gegenübergestellt.

Betrachtet werden soll hier nur die regionale Verteilung der Ergebnisse. Die Unterschiede, die sich bei einer auf 1 vH bezogenen Hochrechnung der Wohnungsstichproben-Ergebnisse in den Eckwerten für die Bundesrepublik ergeben, sind zum Teil durch die mehrstufige Schichtung der Stichprobe, aber auch durch differierende Abgrenzungen der Vergleichsdaten bedingt. So enthält die Wohnungsstichprobe z.B. nicht die in Anstalten lebende Bevölkerung und die gewerblich zugelassenen PKW.

Beim regionalen Vergleich der Bevölkerungsdaten zeigt sich, daß in allen Regionen hinreichend viele Beobachtungswerte vorhanden sind, um auch Strukturauswertungen noch statistisch absichern zu können. Die geringste Einwohnerzahl wurde mit 3 600 in der Region Ansbach (66) erfaßt. Dies entspricht etwa 1 200 Haushalten, in denen die Erhebung durchgeführt wurde. Das Maximum wird mit 19 000 Einwohnern (10 700 Haushalten) in Region 79, Berlin (West), erreicht.

Die Quotienten aus den auf 1 vH-Basis hochgerechneten Stichprobenergebnissen und den Daten der amtlichen Bevölkerungsfortschreibung weichen — mit einer Ausnahme (20 vH in der Region 59, Lörrach) — um nicht mehr als 10 vH vom Verhältnis der Eckwerte für die Bundesrepublik ab.

Der als Indikator für die Übereinstimmung der Struktur beider Reihen berechnete Korrelationskoeffizient ergab einen Wert von 0,997.

Der Vergleich der Ergebnisse für den PKW-Bestand zeigt, daß der aus der Wohnungsstichprobe errechnete Eckwert um 23 vH unter dem vom Kraftfahrt-Bundesamt für 1978 ausgewiesenen Bestand liegt. Diese Differenz setzt sich zum einen aus vorübergehend abgemeldeten Fahrzeugen, zum anderen aus PKW, die nicht in den Haushalten, sondern gewerblich genutzt werden, zusammen. Der Anteil dieser beiden quantitativ gewichtigen Komponenten am PKW-Bestand muß als regional unterschiedlich eingeschätzt werden, so daß die zum Vergleich beider Erhebungen berechneten Koeffizienten eine größere Streuung aufweisen als beim Merkmal Bevölkerung.

Der Korrelationskoeffizient zwischen beiden Reihen beträgt hier 0,994 und zeigt damit einen noch sehr engen Zusammenhang zwischen den beiden statistischen Erhebungen.

Zusammengefaßt ergibt sich aus beiden Vergleichen, daß die Wohnungsstichprobe zwar einige Teilbereiche der Grundgesamtheit bei den Einwohnern und den Personenkraftwagen nicht enthält. Die Betrachtung der regionalen Struktur ergibt jedoch — gemessen an entsprechenden Totalerhebungsdaten — keine gravierenden Unplausibilitäten. Zudem ist der Stichprobenumfang groß genug, um auch für die einzelnen Regionen noch Strukturauswertungen zuzulassen.

Bei der Erarbeitung einer Leitdatenbasis dürfte es empfehlenswert sein, die regionalen Eckwerte soweit wie möglich aus Totalerhebungen abzuleiten und auf diese Bezugsgrundlage spezifische Informationen aus der Wohnungsstichprobe, wie Haushalts- und Motorisierungsstrukturen, zu übertragen.

In einer Sonderauswertung für das Bundesverkehrsministerium wurde das Merkmal Motorisierung jeweils mit einem der übrigen Kriterien kombiniert, so daß sich insgesamt die drei Merkmalspaare

- PKW-Verfügbarkeit und Erwerbstätigkeit,
- PKW-Verfügbarkeit und Haushaltseinkommen,
- PKW-Verfügbarkeit und Zahl der Kinder

ergaben⁵¹.

⁵¹ Die Ergebnisse sind ausgewiesen in: U. Voigt: Verbesserung der Leitdatenvorausschätzung für regionale Verkehrsprognosen — Anhang: Auswertung der 1%-Wohnungsstichprobe 1978, Gutachten des DIW im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Berlin 1983 (als Manuskript vervielfältigt).

Übersicht 2.5:

Vergleich der Ergebnisse für die Wohnbevölkerung in den Raumeinheiten 1978

Raumeinheit	Wohnbevölkerung		II/I
	I	II	
	lt. Bevölkerungs- fortschreibung in 1 000	lt. Wohnungs- stichprobe ¹⁾ in 1 000	
1 Flensburg	429	380	0,89
2 Itzehoe	260	232	0,89
3 Kiel	693	672	0,97
4 Lübeck	414	348	0,84
5 Bad Oldesloe	793	735	0,93
6 Hamburg	1 672	1 631	0,98
7 Bremen	700	688	0,98
8 Emden	360	359	1,00
9 Oldenburg	841	783	0,93
10 Bremerförde	760	685	0,90
11 Lingen	354	354	1,00
12 Verden	404	421	1,04
13 Uelzen	567	504	0,89
14 Osnabrück	540	546	1,01
15 Hannover	1 077	1 061	0,99
16 Hildesheim	594	584	0,98
17 Braunschweig	1 136	1 022	0,90
18 Göttingen	594	573	0,97
19 Münster	1 346	1 389	1,03
20 Bielefeld	1 438	1 438	1,00
21 Duisburg	1 233	1 251	1,02
22 Essen	2 726	2 732	1,00
23 Dortmund	1 166	1 169	1,00
24 Paderborn	362	326	0,90
25 Mönchengladbach	1 148	1 166	1,02
26 Düsseldorf	1 775	1 821	1,03
27 Hagen	995	956	0,96

noch Übersicht 2.5:

Vergleich der Ergebnisse für die Wohnbevölkerung in den Raumeinheiten 1978

Raumeinheit	Wohnbevölkerung		
	I	II	II/I
	lt. Bevölkerungs- fortschreibung	lt. Wohnungs- stichprobe ¹⁾	
	in 1 000	in 1 000	
28 Arnsberg	536	551	
29 Aachen	1 131	1 094	0,97
30 Köln	2 745	2 532	0,92
31 Siegen	401	404	0,99
32 Kassel	844	800	0,95
33 Marburg	388	427	1,10
34 Fulda	300	294	0,98
35 Gießen	616	565	0,92
36 Frankfurt	2 463	2 317	0,94
37 Darmstadt	932	886	0,95
38 Montabaur	440	443	1,01
39 Koblenz	685	691	1,01
40 Bitburg	145	139	0,95
41 Trier	327	295	0,90
42 Bad Kreuznach	235	216	0,92
43 Mainz	508	512	1,01
44 Kaiserslautern	524	523	1,00
45 Ludwigshafen	527	533	1,01
46 Landau	232	224	0,97
47 Saarland	1 077	1 045	0,97
48 Mannheim	1 015	965	0,95
49 Tauberbischofsheim	122	113	0,93
50 Heilbronn	581	616	1,06
51 Karlsruhe	864	879	1,02
52 Stuttgart	2 336	2 395	1,03
53 Heidenheim	396	404	1,02
54 Offenburg	353	371	1,05

noch Übersicht 2.5:

Vergleich der Ergebnisse für die Wohnbevölkerung in den Raumeinheiten 1978

Raumeinheit	Wohnbevölkerung		II/I
	I	II	
	lt. Bevölkerungs- fortschreibung in 1 000	lt. Wohnungs- stichprobe ¹⁾ in 1 000	
55 Pforzheim	489	467	0,95
56 Tübingen	573	525	0,92
57 Ulm	405	386	0,95
58 Freiburg	496	458	0,92
59 Lörrach	331	399	1,20
60 Donaueschingen	435	434	1,00
61 Konstanz	731	727	0,99
62 Aschaffenburg	316	338	1,07
63 Würzburg	458	443	0,97
64 Schweinfurth	414	424	1,03
65 Bayreuth	1 056	1 069	1,01
66 Ansbach	364	361	0,99
67 Nürnberg	1 145	1 123	0,98
68 Regensburg	590	585	0,99
69 Weiden	462	462	1,00
70 Ingolstadt	336	312	0,93
71 Landshut	335	366	1,09
72 Passau	570	526	0,92
73 Neu-Ulm	247	224	0,91
74 Augsburg	711	712	1,00
75 München	2 255	2 065	0,92
76 Kempten	556	494	0,89
77 Garmisch-Partenkirchen	585	598	1,02
78 Traunstein	410	407	0,99
79 Berlin (West)	1 918	1 900	0,99
INSGESAMT	61 310	59 861	0,98

1) Hochgerechnet auf der Basis eines 1 % Stichprobensatzes.

Übersicht 2.6:

Vergleich der Ergebnisse für den PKW-Bestand in den Raumeinheiten 1978

Raumeinheit	PKW-Bestand		
	I	II	II/I
	It. Statistik des Kraftfahrt- Bundesamtes	It. Wohnungs- stichprobe ¹⁾	
	in 1 000	in 1 000	
1 Flensburg	148	108	
2 Itzehoe	90	58	0,65
3 Kiel	233	180	0,77
4 Lübeck	132	90	0,69
5 Bad Oldesloe	286	225	0,79
6 Hamburg	537	429	0,80
7 Bremen	226	183	0,81
8 Emden	110	80	0,73
9 Oldenburg	292	211	0,72
10 Bremervörde	274	195	0,71
11 Lingen	118	87	0,74
12 Verden	147	112	0,76
13 Uelzen	203	134	0,66
14 Osnabrück	192	143	0,74
15 Hannover	356	294	0,82
16 Hildesheim	213	153	0,72
17 Braunschweig	419	276	0,66
18 Göttingen	171	149	0,87
19 Münster	456	362	0,79
20 Bielefeld	526	398	0,76
21 Duisburg	419	314	0,75
22 Essen	872	688	0,79
23 Dortmund	394	295	0,75
24 Paderborn	120	76	0,63
25 Mönchengladbach	406	319	0,78
26 Düsseldorf	608	487	0,80
27 Hagen	350	244	0,70

noch Übersicht 2.6:

Vergleich der Ergebnisse für den PKW-Bestand in den Raumeinheiten 1978

Raumeinheit	PKW-Bestand			II/I
	I	II		
	lt. Statistik des Kraftfahrt- Bundesamtes	lt. Wohnungs- stichprobe ¹⁾		
	in 1 000	in 1 000		
28 Arnsberg	178	143	0,80	
29 Aachen	389	291	0,75	
30 Köln	944	697	0,74	
31 Siegen	137	95	0,69	
32 Kassel	303	221	0,73	
33 Marburg	131	123	0,93	
34 Fulda	102	78	0,76	
35 Gießen	216	154	0,72	
36 Frankfurt	928	671	0,72	
37 Darmstadt	346	259	0,75	
38 Montabaur	164	119	0,73	
39 Koblenz	244	190	0,78	
40 Bitburg	50	33	0,67	
41 Trier	108	72	0,66	
42 Bad Kreuznach	83	57	0,68	
43 Mainz	178	161	0,90	
44 Kaiserslautern	184	132	0,72	
45 Ludwigshafen	201	156	0,78	
46 Landau	83	62	0,74	
47 Saarland	373	281	0,75	
48 Mannheim	364	280	0,77	
49 Tauberbischofsheim	41	29	0,72	
50 Heilbronn	210	176	0,84	
51 Karlsruhe	320	260	0,81	
52 Stuttgart	859	716	0,83	
53 Heidenheim	138	112	0,81	
54 Offenburg	121	88	0,73	

noch Übersicht 2.6:

Vergleich der Ergebnisse für den PKW-Bestand in den Raumeinheiten 1978

Raumeinheit	PKW-Bestand		
	I	II	II/I
	lt. Statistik des Kraftfahrt- Bundesamtes	lt. Wohnungs- stichprobe ¹⁾	
	in 1 000	in 1 000	
55 Pforzheim	181	125	
56 Tübingen	207	155	0,75
57 Ulm	141	98	0,70
58 Freiburg	172	121	0,70
59 Lörrach	113	107	0,95
60 Donaueschingen	152	114	0,75
61 Konstanz	260	216	0,83
62 Aschaffenburg	109	92	0,84
63 Würzburg	150	116	0,77
64 Schweinfurth	135	111	0,82
65 Bayreuth	345	269	0,78
66 Ansbach	123	97	0,79
67 Nürnberg	402	314	0,78
68 Regensburg	199	161	0,81
69 Weiden	155	110	0,71
70 Ingolstadt	120	90	0,75
71 Landshut	117	98	0,84
72 Passau	185	133	0,72
73 Neu-Ulm	84	57	0,67
74 Augsburg	239	194	0,81
75 München	786	651	0,83
76 Kempten	192	126	0,66
77 Garmisch-Partenkirchen	215	180	0,84
78 Traunstein	145	121	0,83
79 Berlin (West)	542	480	0,89
INSGESAMT	21 166	16 281	0,77

1) Hochgerechnet auf der Basis eines 1 % Stichprobensatzes.

2.5 Entwicklung der Prognosetechniken für die Güterverkehrsnachfrage und Bedarf an sozioökonomischen und demographischen Leitdaten

2.5.1 Auswertung vorliegender Nachfragestudien zum Güterverkehr

Auch im Bereich des Güterverkehrs sind in den letzten Jahren die Prognosetechniken — vor allem im Bereich der Verkehrsmittelwahl — verfeinert worden. Zum einen wurden hier ebenfalls disaggregierte Ansätze entwickelt, die auf der Grundlage von Individualdaten das Entscheidungsverhalten von Empfängern und Versendern der Güter erfassen und die verhaltensbestimmenden Faktoren analysieren. Zum anderen wurden auch Modelle auf aggregierter Basis erarbeitet, die maßnahmensensitive Bestandteile enthalten.

Die Auswertung der verfügbaren Studien hinsichtlich ihres Bedarfs an sozioökonomischen und demographischen Input-Daten ergab ein sehr viel weniger differenziertes Ergebnis als im Bereich des Personenverkehrs, so daß eine ausführliche Darstellung der jeweils verwendeten Methodik hier nicht als notwendig erscheint. Im einzelnen wurden folgende Studien ausgewertet:

1. W. Konanz, H. Hautzinger, P. Kessel, K. Schilling: Fernverkehr in der Bundesrepublik Deutschland unter Bedingungen einer Energieverknappung — Untersuchungsteil Güterverkehr, Untersuchung der Kocks Consult und der Prognos AG im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Basel 1978.
2. P. Kessel, K. Gresser, W. Konanz: Entwicklung eines Güterfernverkehrsmodells, Gutachten der Beratergruppe Verkehr und Umwelt im Auftrag des Bundesverkehrsministeriums. Der Ergebnisbericht lag zur Zeit der Bearbeitung noch nicht vor. Von den Autoren wurde jedoch eine ausführliche Projektbeschreibung zur Verfügung gestellt.
3. I. Lange, G.H. Rembold: Die interregionale, sektorspezifische Güterverflechtung in der Bundesrepublik Deutschland, Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe, Discussion Paper 2/77.
4. Kernforschungsanlage Jülich GmbH: Die Entwicklungsmöglichkeiten der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland — Untersuchung mit Hilfe eines dynamischen Simulationsmodells, Jülich 1977.
5. H.J. Frank, P. Lünsdorf: Integrierte Langfristprognose für die Verkehrsnachfrage im Güter- und Personenverkehr in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 1990 — Projektion des Güter- und Personenverkehrs sowie der Verkehrsströme, Teil 3 — Güterverkehr, Gutachten des DIW im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1975.
6. R. Hopf: Entwicklungstendenzen der Verkehrsnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000, Gutachten des DIW im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1978.
7. P. Lünsdorf: Die Entwicklung des Güterverkehrs in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000, Gutachten des DIW im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1980.
8. C.C. Chung und P.O. Roberts: Design of a Structure and Data Analysis Scheme for Intercity Freight Demand Forecasting, Massachusetts Institute of Technology, CTS Report No. 75-15, 1975.
9. P.O. Roberts: Forecasting freight demand, in: M. Nijhoff (ed.): Transport decisions in an age of uncertainty, Proceedings of the third World Conference on Transport Research in Rotterdam, 26.-28.4.77, Den Haag/Boston 1977.
10. A.F. Friedlander, R.H. Spady: A derived demand function for freight transportation, in: The Review of Economics and Statistics, Vol. LXII, August 1980, No. 3, S. 432 f.
11. C.M. Winston: A disaggregate qualitative mode choice model for intercity freight transportation, Ph.D. Thesis, Berkeley 1979.
12. C.M. Winston: A disaggregate model of the demand for intercity freight transportation, in: Econometrica, Vol. 49, No. 4 (Juli 1981), S. 981 ff.
13. D.L. McFadden: Joint estimation of discrete and continuous choices in freight transportation, Massachusetts Institute of Technology, 1981.

Mit Ausnahme der Studie von Lange und Rembold, in der die wertmäßige Verflechtung unter Verwendung aggregierter Leitdaten (Bevölkerung, Bruttoproduktionswerte, Endnachfrage) geschätzt wird, werden in allen empirischen Arbeiten sozioökonomische und demographische Variablen lediglich auf der Stufe der Verkehrserzeugung verwendet. Zwar werden von Roberts Grundzüge eines „commodity abstract“-Güterverkehrsmodells entwickelt, in dem die einzelnen Güter lediglich durch generelle Eigenschaften wie Wert pro Gewichtseinheit,

Gewicht pro Raumeinheit, Lagerfähigkeit etc. beschrieben werden. Die anwendungsbezogenen Arbeiten enthalten jedoch Differenzierungen auf der Grundlage physischer Gütergruppen. Die genannten generellen Eigenschaften werden dabei als Variablen zur Erklärung der Verkehrsteilung verwendet. Für das Teilmodell der Verkehrserzeugung sind dagegen stets Informationen über die künftige Struktur der Gütermenge bzw. der Wirtschaftsbereiche erforderlich.

Die deutschsprachigen Untersuchungen (Ausnahme Lange/Rembold) verwenden durchgängig die vom DIW definierten 12 Güterbereiche, die sich aus zweistelligen Aggregaten der Güterverkehrsstatistik zusammensetzen (vgl. Übersicht 2.7), in den DIW-Güterverkehrsprognosen von 1975 (Zieljahr 1990) und von 1980 (Zieljahr 2000) sind in sehr differenzierten Analyserechnungen für die einzelnen Güterbereiche spezifische Leitvariablen sowohl für die globale Entwicklung als auch für die regionale Struktur bestimmt worden. Die entsprechenden Zuordnungen sind in den Übersichten 2.8 und 2.9 ausgewiesen. Für die regionalen Verkehrserzeugungsrechnungen, d.h. die Bestimmung von Empfang und Versand der Raumeinheiten in 12 Güterbereichen, wurden in der DIW-Prognose von 1980 insgesamt 25 Leitvariablen verwendet, in der Prognose von 1975 noch weitaus mehr. Auch von DIW-externen Gutachtern wurden keine darüber hinausgehenden Differenzierungswünsche — weder hinsichtlich der Gütergruppen noch der Leitdaten — geäußert.

Die Verkehrsteilung wird in allen Modellen innerhalb der einzelnen Gütergruppen vorausgeschätzt. Zusätzliche sozioökonomische oder demographische Leitdaten werden dazu nicht verwendet.

Bei maßnahmeempfindlichen Modellen gehen auch verkehrsartenbezogene Kosten in den Erklärungsansatz ein. Es ist daher — wie bereits im Abschnitt 2.2 dargestellt — für die Bildung von Kostenmodellen von besonderer Bedeutung, daß die in der gesamtwirtschaftlichen Prognose hinsichtlich der Rohölpreisentwicklung getroffenen Annahmen sowie deren Auswirkung auf die Wirtschaftstätigkeit expliziert werden.

2.5.2 Grundlegende Leitdaten für Nachfragemodelle des Güterverkehrs

Die Bestandsaufnahme der aus den einzelnen Untersuchungen resultierenden Anforderungen ergab, daß die Disaggregation nach den zwölf vom DIW definierten Gütergruppen als ausreichend angesehen werden kann. Insofern sind die vom DIW 1974 im Auftrag des Bundesverkehrsministers erarbeiteten Leitdaten⁵² als Obergrenze für die künftige Differenzierung von Leitdatenprognosen anzusehen.

In dieser von Bartholmai erstellten Arbeit werden neben den Rahmendaten Wohnbevölkerung, Erwerbstätige und Haushalte für die zwölf Güterbereiche spezifische Produktions- und Verbrauchsdaten in Mengeneinheiten zunächst für das Basisjahr der Untersuchung 1970 aus einer großen Reihe von amtlichen und nichtamtlichen Quellen zusammengestellt und für das Jahr 1990 prognostiziert. Dabei wird innerhalb der Leitdaten für die einzelnen Gütergruppen noch eine weitergehende Differenzierung vorgenommen. So wird z.B. die Produktion landwirtschaftlicher Erzeugnisse noch in die vier Teilbereiche „Getreide und Früchte“, „Fleisch und Fisch“, „Milch“ und „Rohholz“ untergliedert. Für den Güterbereich 8 „Eisen und Stahl, NE-Metalle“ wird die Produktion nach den Gruppen „Roheisen“, „Rohstahl“, „Walzstahl“, „Ziehereien, Kaltwalzwerke, Stahlverformung“ sowie „NE-Metalle“ unterschieden. Diese Differenzierung ist feiner, als sie schließlich in der Güterverkehrsprognose verwendet wurde⁵³. Die detaillierte Aufgliederung ist zum Teil aber auch durch das zugrundeliegende Konzept bedingt, Mengengrößen für Produktion und Verbrauch relativ praxisnah zu erfassen. Diese Vorgehensweise erfordert es, die Leitdaten für Gütergruppen so weit zu differenzieren, bis die zugrundeliegenden Produktionsprozesse verhältnismäßig homogenen Charakter haben und sowohl in ihrem Bedarf an Einsatzfaktoren als auch hinsichtlich des Produktionsergebnisses mengenmäßig abschätzbar sind.

Eine solche spezifische Leitdatenbasis von regionalen Produktions- und Verbrauchsmengen ist nur mit einem immensen empirischen Arbeitsaufwand zu ermitteln. So mußte in der Studie von Bartholmai ein großer Teil der Arbeit für die Beschaffung von Einzelinformationen von Firmen und Verbänden und für Modellrechnungen zur „Daten“-Ermittlung verwendet werden. Für den Bereich der Produktion wurden dabei zum Teil regionale Originaldaten zusammengestellt, teils wurden Daten für Bundesländer nach Angaben über die regionalen Industriebeschäftigten weiter aufgeschlüsselt. In einigen Fällen standen lediglich die Summen für das Bundesgebiet fest, dann wurden die regionalen Mengen allein über die Beschäftigtendaten, jedoch unter Berücksichtigung des Struktureffektes der Produktion in Teilbereichen geschätzt.

⁵² B. Bartholmai unter Mitarbeit von H.J. Joswiak: Analyse und Prognose der sozioökonomischen Leitdaten für den Güterverkehr in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 1990, Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1974.

⁵³ Die in den Güterverkehrsprognosen des DIW von 1975 und 1980 verwendeten Leitdaten sind den Übersichten 2.8 bis 2.31 zu entnehmen.

Übersicht 2.7

Synopsis der Güterbereiche und korrespondierenden Hauptgütergruppen

Nr.	Güterbereiche* Bezeichnung	Korrespondierende Hauptgütergruppen**
1	Landwirtschaftliche Erzeugnisse	00 Lebende Tiere 01 Getreide 02 Kartoffeln 03 Früchte, Gemüse 06 Zuckerrüben
2	Nahrungs- und Futtermittel	11 Zucker 12 Getränke 13 Andere Genußmittel 14 Fleisch, Eier, Milch 16 Getreide-, Obst- und Gemüseerzeugnisse 17 Futtermittel 18 Ölsaaten, Fette a.n.g.
3	Kohle	21 Steinkohle, -briketts 22 Braunkohle, u.a., Torf 23 Koks
4	Rohöl	31 Rohes Erdöl
5	Mineralölprodukte	32 Kraftstoffe, Heizöl 33 Natur-, Raffineriegas 34 Mineralölerzeugnisse a.n.g.
6	Eisenerze	41 Eisenerze
7	NE-Metallerze, Schrott	45 NE-Metallerze 46 Eisen-, Stahlabfälle
8	Eisen, Stahl und NE-Metalle	51 Roheisen, -stahl 52 Stahlhalbzeug 53 Stab-, Formstahl u.a. 54 Stahlblech, Bandstahl 55 Rohre, Gießereierzeugnisse 56 NE-Metalle, -halbzeug
9	Steine und Erden	61 Sand, Kies, Bims, Ton 63 Andere Steine und Erden 64 Zement, Kalk 65 Gips 69 Andere mineralische Baustoffe 95 Glas- u.a. mineralische Waren
10	Chemische Erzeugnisse, Düngemittel	62 Salz, Schwefel, -kies 71 Natürliche Düngemittel 72 Chemische Düngemittel 81 Chemische Grundstoffe u.a. 82 Aluminiumoxyd 83 Benzol, Teer 89 Andere chemische Erzeugnisse
11	Investitionsgüter	91 Fahrzeuge 92 Landmaschinen 93 Elektrotechnische Erzeugnisse, Maschinen 94 EBM-Waren u.a.
12	Verbrauchsgüter	04 Textile Rohstoffe 05 Holz und Kork 09 Pflanzliche und tierische Rohstoffe a.n.g. 84 Zellstoff, Altpapier 96 Leder- und Textilwaren 97 Sonstige Waren a.n.g. 99 Besondere Transportgüter

* Für das Forschungsvorhaben „Güterverkehr 1990“ vom DIW definiert. — ** Nach „Güterverzeichnis für die Verkehrsstatistik Ausgabe 1969“ des Statistischen Bundesamtes.

Übersicht 2.8:

Bestimmungsfaktoren des globalen Transportaufkommens

Name
— Güterbereich 1: Landwirtschaftliche Erzeugnisse — Produktion von Getreide und Früchten
— Güterbereich 2: Nahrungs- und Futtermittel — Produktion von Nahrungs- und Genußmitteln
— Güterbereich 3: Kohle — Verfügbare Mengen von Steinkohle und -koks sowie Import Kohlelieferungen an Haushalte, Kleinverbraucher und militärische Dienststellen
— Güterbereich 4: Rohöl — Raffinerieeinsatz
— Güterbereich 5: Mineralölprodukte — Inlandsverbrauch von Mineralölerzeugnissen
— Güterbereich 6: Eisenerze — Verbrauch von Eisenerzen
— Güterbereich 7: NE-Metallerze, Schrott — Verbrauch an NE-Metallerzen, Schrott
— Güterbereich 8: Eisen, Stahl und NE-Metalle — Produktion von Rohstahl sowie Im- und Export von Walzstahl
— Güterbereich 9: Steine und Erden — Rohbauvolumen
— Güterbereich 10: Chemische Erzeugnisse, Düngemittel — Produktion von chemischen Erzeugnissen Produktion von chemischen Grundstoffen und übrigen chemischen Erzeugnissen
— Güterbereich 11: Investitionsgüter — Produktion von Investitionsgütern
— Güterbereich 12: Verbrauchsgüter — Produktion von Verbrauchsgütern

Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Die Entwicklung des Güterverkehrs in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000; Gutachten im Auftrage des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1980 (als Manuskript vervielfältigt).

Übersicht 2.9:

Bestimmungsfaktoren des regionalen Güterverkehrs

für den Versand der inländischen Planungsregionen	für den Empfang der inländischen Planungsregionen
Name	Name
<p>Güterbereich 1: Landwirtschaftliche Erzeugnisse Produktion von Getreide und Früchten</p> <p>Güterbereich 2: Nahrungs- und Futtermittel Produktion von Nahrungs- und Genußmitteln</p> <p>Güterbereich 3: Kohle Steinkohleförderung und Erzeugung von Steinkohlenkoks</p> <p>Güterbereich 4: Rohöl Import von Rohöl nach Versandregionen</p> <p>Güterbereich 5: Mineralölprodukte Raffinerieausstoß Beschäftigte im Handel u. im Verkehr</p> <p>Güterbereich 6: Eisenerze Import von Eisenerzen</p> <p>Güterbereich 7: NE-Metallerze, Schrott Eigenanfall an Eisen- und Stahlschrott Lieferungen des Handels von NE-Metallerzen und Schrott Produktion von Investitionsgütern</p> <p>Güterbereich 8: Eisen, Stahl und NE-Metalle Produktion von Walzstahl Erzeugung der Ziehereien, Kaltwalzwerke und der Stahlverformung</p> <p>Güterbereich 9: Steine und Erden Produktion der Steine- und Erdenindustrie</p> <p>Güterbereich 10: Chemische Erzeugnisse, Düngemittel Produktion von chemischen Erzeugnissen</p> <p>Güterbereich 11: Investitionsgüter Produktion von Investitionsgütern</p> <p>Güterbereich 12: Verbrauchsgüter Produktion von Verbrauchsgütern Beschäftigte im Handel u. im Verkehr</p>	<p>Bevölkerung</p> <p>Bevölkerung</p> <p>Steinkohleeinsatz in Kraftwerken, Koksinsatz in Hochofenwerken und sonstiger Kohleverbrauch</p> <p>Raffinerieeinsatz</p> <p>Verbrauch an Mineralölerzeugnissen</p> <p>Verbrauch von Eisenerzen</p> <p>Lieferungen des Handels von NE-Metallerzen und Schrott Verbrauch der Stahlwerke an NE-Metallerzen und Schrott</p> <p>Produktion von Walzstahl</p> <p>Erzeugung der Ziehereien, Kaltwalzwerke und der Stahlverformung</p> <p>Verbrauch insgesamt von Eisen, Stahl und NE-Metallen</p> <p>Rohbauvolumen</p> <p>Verbrauch an chemischen Erzeugnissen Beschäftigte im Handel u. im Verkehr</p> <p>Beiträge zum Bruttoinlandsprodukt</p> <p>Beiträge zum Bruttoinlandsprodukt Bevölkerung</p>

Quelle: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Die Entwicklung des Güterverkehrs in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000; Gutachten im Auftrage des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1980 (als Manuskript vervielfältigt).

Daten über den Verbrauch liegen nur in einigen Fällen unmittelbar für Regionen vor. Meist wurden die regionalen Mengen über die Beschäftigtendaten der Verbraucherbereiche geschätzt, wobei die Absatzstruktur des Güterbereichs als Gewichtungsschema diente.

Das prognostische Konzept bestand darin, Daten der relevanten Investitionsträger zu sammeln, Produktionsplanungen zu erfassen, Produktionsverfahren zu analysieren und den künftigen Bedarf an Einsatzfaktoren mit Hilfe von spezifischen Technologieprognosen vorauszuschätzen und regional zuzuordnen.

Derart umfangreiche Einzelbetrachtungen von Branchen und Raumeinheiten können wegen des damit verbundenen Aufwandes nur in größeren zeitlichen Abständen angestellt werden. Aktualisierungen der Prognose sind bei diesem Verfahren kurzfristig nicht möglich. Es ist daher anzustreben, die Leitdatenprognose für den Güterverkehr stärker zu formalisieren und nach Möglichkeit auf solche Variablen zu beschränken, deren Verfügbarkeit durch die amtliche Statistik gewährleistet werden kann.

In einer Reihe von Testrechnungen wurde daher geprüft, ob die Benutzung von Mengengrößen — und deren weitgehende Differenzierung — als erklärende Variablen für alle Güterbereiche notwendig ist oder ob auch stärker gesamtwirtschaftlich orientierte Daten (Beschäftigte, Beiträge zum Bruttoinlandsprodukt) für einige Gütergruppen einen befriedigenden Erklärungswert liefern.

Gegenüber früheren Prognosen der Güterverkehrsnachfrage konnte für die Testrechnungen eine feinere Untergliederung der ökonomischen Variablen nach Wirtschaftsbereichen verwendet werden. Die mit einer modifizierten Shift-Analyse vorausgeschätzten Daten zur Beschäftigung und zum Bruttoinlandsprodukt konnten bislang nach den vier Sektoren

- Land- und Forstwirtschaft,
- Warenproduzierendes Gewerbe,
- Handel und Verkehr,
- übrige Dienstleistungen

differenziert werden.

Das in Teil 3 dieser Studie vorgeschlagene Modell zur simultanen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose erlaubt demgegenüber eine wesentlich feinere Differenzierung der Beschäftigtendaten und — sofern das Basismaterial von den statistischen Landesämtern zugänglich gemacht wird — auch des regionalen Bruttoinlandsprodukts. Für die Testrechnungen wurde eine Aufgliederung der Beschäftigten in folgende 17 Bereiche verwendet.

1. Land- und Forstwirtschaft,
2. Energiewirtschaft,
3. Bergbau,
4. Chemische Industrie, Mineralölverarbeitung,
5. Steine, Erden, Feinkeramik, Glas,
6. Metallerzeugung und -bearbeitung,
7. Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau,
8. Elektro, Feinmechanik, EBM-Waren,
9. Holz-, Papier- und Druckgewerbe,
10. Leder-, Textil-, Bekleidungsgewerbe,
11. Nahrungs- und Genußmittelgewerbe,
12. Baugewerbe,
13. Handel,
14. Verkehr und Nachrichtenübermittlung,
15. Kreditinstitute und Versicherungen,
16. sonstige Dienstleistungen,
17. Gebietskörperschaften, Sozialversicherungen, Organisationen ohne Erwerbscharakter.

Die Daten wurden — bis auf den Bereich Land- und Forstwirtschaft — der Arbeitsstättenzählung 1970⁵⁴ entnommen. Da landwirtschaftliche Betriebe in der Arbeitsstättenzählung nicht erfaßt sind, wurden die entsprechenden Beschäftigtendaten der Volkszählung 1970 verwendet. Dadurch ergeben sich Unterschiede in der statistischen Abgrenzung (Wohnort-Arbeitsortkonzept). Die Größenordnung der Abweichungen ist jedoch nicht so gravierend, daß die in den Testrechnungen ausgewiesenen Zusammenhänge zwischen der Verkehrsnachfrage und ihren Leitdaten dadurch strukturell verändert würden.

⁵⁴ Vgl. Statistisches Bundesamt: Fachserie C, Unternehmen und Arbeitsstätten, Arbeitsstättenzählung vom 27.5.1970, Sonderheft 2.

2.6 Testrechnungen und Datenbasis für Güterverkehrsleitdaten

Mit Hilfe von Korrelations- und multiplen linearen Regressionsrechnungen wurde versucht, den Empfang und den Versand⁵⁵ der 79 Planungsregionen der Bundesverkehrswegeplanung durch Variable, die das in Teil 3 beschriebene Modell zur Verfügung stellen kann, statistisch zu erklären.

Empfang und Versand wurden für diese Rechnungen nach den im Abschnitt 2.5.1 (vgl. Übersicht 2.9) dargestellten 12 Gütergruppen differenziert, so daß für insgesamt 24 regionale Verkehrsvariablen ökonomische und demographische Bestimmungsgrößen analysiert wurden.

Einschließlich der im vorigen Abschnitt genannten Beschäftigendaten standen für die Rechnungen 88 unabhängige Variablen zur Verfügung. Die Daten konnten der Verkehrsdatenbank des DIW entnommen werden und beziehen sich auf das Jahr 1970. Die resultierenden Schätzfunktionen sollten daher nicht ohne eine Eichung an aktuelleren Daten für eine Güterverkehrsprognose verwendet werden. Die Ergebnisse erlauben aber eine Darstellung der strukturellen Zusammenhänge zwischen der Güterverkehrsnachfrage und ihren ökonomischen und demographischen Determinanten, die als zeitlich relativ invariant angesehen werden können.

Für die Berechnungen der Regressionsergebnisse wurde ein Programm zur stufenweisen Eliminierung von Variablen („stepwise regression“) nach einem vorgegebenen Signifikationskriterium verwendet⁵⁶. Dieses Programm sondert aus einer vorgegebenen Menge von Erklärungsgrößen diejenigen aus, deren Einfluß bei einer festzulegenden Irrtumswahrscheinlichkeit statistisch nicht gesichert werden kann. Bei der endgültigen Bestimmung der als prognosefähig angesehenen Zusammenhänge war neben der Signifikanz der Variablen vor allem aber die sachliche Plausibilität der statistisch ermittelten Zusammenhänge ausschlaggebend.

In den Übersichten 2.10 bis 2.33 sind die Ergebnisse der Testrechnungen für den Versand und den Empfang der Regionen in den 12 Güterbereichen ausgewiesen. Die Struktur der Übersichten ist für alle Güterbereiche identisch.

Neben den singulären Korrelationskoeffizienten, die die Stärke des Zusammenhangs zwischen den sozioökonomischen und demographischen Größen und der jeweiligen Verkehrsvariablen (Versand bzw. Empfang in den Güterbereichen) anzeigen, sind die Ergebnisse über die Signifikanz der einzelnen Einflußfaktoren, wie sie sich in linearen multiplen Regressionsrechnungen ergaben, dargestellt. Zum Vergleich mit diesen Testrechnungen sind auch die Ergebnisse der DIW-Güterverkehrsprognosen von 1975 (Zieljahr 1990) und von 1980 (Zieljahr 2000) aufgeführt⁵⁷. Die Gegenüberstellung macht deutlich, in welchen Güterbereichen Produktions- und Verbrauchsmengen durch andere — in dem in Teil 3 vorgeschlagenen Modellsystem enthaltene — Leitvariablen ersetzt werden können und welche Veränderungen sich hinsichtlich der Signifikanz der Einflußgrößen und der Approximationsgenauigkeit dadurch ergeben. Die Vorzeichen aller in den Schätzfunktionen enthaltenen Variablen sind positiv und stimmen mit denen der entsprechenden Korrelationskoeffizienten überein.

Die statischen Ergebnisse werden in den folgenden Abschnitten 2.6.1 bis 2.6.12 kommentiert.

Für einige Bereiche ergaben die Testrechnungen mehrere verwendbare Varianten, die sich aus Daten des hier erarbeiteten Modellsystems zusammensetzen. Diese wurden dann gemeinsam in den Übersichten ausgewiesen. Auch in den Fällen, die bei der Verwendung von Mengengrößen als Regressoren ein wesentlich höheres Bestimmungsmaß ergaben als Kombinationen von Variablen des Kernmodells, sind die jeweiligen statistischen Ergebnisse der Alternativen in die Übersichten aufgenommen worden. Eine endgültige Auswahl unter den vorgestellten Varianten ist dann aufgrund der gegebenen Datenlage in den künftig anzustellenden Güterverkehrsprognosen selbst zu treffen.

⁵⁵ „Empfang“ und „Versand“ der Planungsregionen ergeben sich als Spalten- bzw. Zeilensumme in der interregionalen Verflechtungsmatrix. Die hier verwendeten Werte enthalten sowohl den Fern- als auch den Nahverkehr. Vgl. P. Lünsdorf: Die Güterverkehrsnachfrage in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland 1970 und 1990, a.a.O., S. 14.

⁵⁶ S. Nolte: Korrelations- und Regressionsprogramm, erstellt im Auftrag des DIW, Berlin 1974.

⁵⁷ Die Schätzfunktionen für diese Prognosen sind aus Daten abgeleitet worden, die sich zum Teil auf eine leicht veränderte Regionsabgrenzung (Verwaltungsreform) beziehen. Es kann daher in einigen Fällen zu geringen Inkonsistenzen zwischen den — neu berechneten — Korrelationskoeffizienten und den für die Prognosen von 1975 und 1980 ausgewiesenen Bestimmtheitsmaßen kommen.

2.6.1 Gütergruppe 1: Landwirtschaftliche Erzeugnisse

2.6.1.1 Versand

Die Testrechnungen für den Versand von landwirtschaftlichen Erzeugnissen (Übersicht 2.10) haben drei Varianten von prognosefähigen Zusammenhängen mit mittleren Bestimmtheitsmaßen (von 0,56 bis 0,64) ergeben. Die Variante mit der besten Approximation an die empirischen Werte enthält neben den Variablen Beschäftigte in der Land- und Forstwirtschaft und Beschäftigte im Handel bezogen auf die Regionsbevölkerung auch die Mengengröße Produktion von Getreide und Früchten. Gegenüber den vorliegenden Prognosen ergibt sich ein beträchtlich höheres Bestimmtheitsmaß. Es konnten aber auch zwei Varianten statistisch gesichert werden, die — ohne Verwendung von Produktionsmengen — mit Hilfe von Beschäftigtendaten der Sektoren Land- und Forstwirtschaft, Nahrungs- und Genußmittelgewerbe eine bessere Approximation gewährleisten als dies bisher mit den verwendeten Mengengrößen möglich war.

2.6.1.2 Empfang

Übersicht 2.11 zeigt, daß der Empfang der Regionen von landwirtschaftlichen Erzeugnissen durch zwei Varianten erklärt werden konnte, die beide keine Verbrauchsmengen enthalten. In Variante II wird — analog zur DIW-Prognose 1980 — die Regionsbevölkerung als alleinige erklärende Variable verwendet, in Variante I wurden die Beschäftigten im Nahrungs- und Genußmittelgewerbe und das Bruttoinlandsprodukt des Sektors Land- und Forstwirtschaft als Bestimmungsgrößen ermittelt. Die mit dieser Variablenkombination erreichte statistische Anpassung übertrifft dabei noch die der Schätzfunktion aus der DIW-Prognose 1975, in der zusätzlich zur Regionsbevölkerung auch Verbrauchsmengen verwendet wurden.

2.6.2 Gütergruppe 2: Nahrungs- und Futtermittel

2.6.2.1 Versand

Für den Versand von Nahrungs- und Futtermitteln (Übersicht 2.12) konnte ein enger Zusammenhang zu den Variablen Beschäftigte im Nahrungs- und Genußmittelgewerbe sowie Beschäftigte im Handel bezogen auf die Regionsbevölkerung ermittelt werden. Das Bestimmtheitsmaß übertrifft den entsprechenden Wert aus den vorliegenden Prognosen, in denen Produktionsmengen als Erklärungsgrößen verwendet worden waren.

2.6.2.2 Empfang

Der Empfang von Nahrungs- und Futtermitteln (Übersicht 2.13) konnte auch bislang bereits durch Beschäftigten- und Bevölkerungsdaten erklärt werden. Die nunmehr mögliche Differenzierung der Beschäftigten nach den Bereichen Nahrungs- und Genußmittelgewerbe sowie Handel erhöht die bereits bisher beachtliche Approximationsgenauigkeit geringfügig.

2.6.3 Güterbereich 3: Kohle

2.6.3.1 Versand

Anstelle der bislang verwendeten Produktionsmengen von Steinkohle, Steinkohlenbriketts und -koks kann als erklärende Variable die für diesen Bereich spezifische Erwerbstätigkeitsgröße im Bergbau benutzt werden (Übersicht 2.14). Trotz der nahezu vollkommenen Anpassung der Schätzwerte an die empirischen Daten ($r^2 = 0,95$) kann die Regressionsrechnung in diesem Güterbereich nicht allein als Prognoseinstrument benutzt werden, da der Umfang von verstärkten Kohleanlandungen in den deutschen Nordseehäfen, welche bei den Binnenverkehrssträgern als Versand der entsprechenden Regionen auftreten, eine gesonderte Berücksichtigung erfordert.

Übersicht 2.10:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 1 — Landwirtschaftliche Erzeugnisse

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)		
		vorliegende Prognosen		Testrechnungen
		DIW 1975	DIW 1980	I II III
Produktion von Getreide und Früchten	0,59	3,06	6,69	3,66
Produktion von Fleisch und Fisch	0,33	2,35		
Beschäftigte in der Land- und Forstwirtschaft	0,56	1,98		4,81 9,04 6,47
Beschäftigte im Handel / Bevölkerung	0,35			7,14 6,89
Beschäftigte im Nahrungs- und Genußmittelgewerbe	0,47			5,40
Beschäftigte im Nahrungs- und Genußmittelgewerbe / Bevölkerung	0,40			2,34
Multiples Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,44	0,22	0,64 0,58 0,56
F-Statistik		19,73	44,79	44,83 52,02 31,66

Übersicht 2.11:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
Empfang der Regionen: Güterbereich 1 — Landwirtschaftliche Erzeugnisse

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	Testrechnungen I II
Verbrauch an Getreide, Früchten, Fleisch und Fisch Produktion von Getreide und Früchten Bevölkerung Beschäftigte im Nahrungs- und Genußmittelgewerbe Bruttoinlandsprodukt der Land- und Forstwirtschaft	0,67	0,16	
	0,42	1,22	
	0,77	4,46	10,45
	0,78	14,25	10,52
	0,43		3,54
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,60	0,57
F-Statistik		37,26	203,20
			0,67
			0,59
			76,98
			109,28

Übersicht 2.12:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 2 — Nahrungs- und Futtermittel

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Progfosen DIW 1975	DIW 1980 Testrechnung
Produktion von Getreide- und Fruchteerzeugnissen	0,68	4,03	
Produktion von Milch-, Fleisch- und Fetterzeugnissen	0,72	6,44	
Produktion von Getränken	0,75	8,36	
Produktion von sonstigen Nahrungsmitteln	0,55	2,81	
Produktion von Nahrungs- und Genußmitteln	0,86		21,15
Beschäftigte im Nahrungs- und Genußmittelgewerbe	0,92		13,40
Beschäftigte im Handel / Bevölkerung	0,74		3,22
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,84	0,74
F-Statistik		95,46	447,31
			0,86
			241,64

Übersicht 2.13:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
Empfang der Regionen: Güterbereich 2 — Nahrungs- und Futtermittel

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980 Testrechnung
Bevölkerung	0,94	6,30	33,96
Beschäftigte in Handel und Verkehr	0,92	3,37	
Beschäftigte im Nahrungs- und Genußmittelgewerbe	0,95		6,40
Beschäftigte im Handel	0,94		5,17
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,90	0,88
F-Statistik		354,13	1153,06
			0,92
			446,61

Übersicht 2.14:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 3 — Kohle

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980 Testrechnung
Produktion von Steinkohle, -briketts und -koks	0,98	78,74	57,08
Produktion von Braunkohlenbriketts	0,16	13,41	
Kohleverbrauch der übrigen Wirtschaftsbereich	0,52	4,97	
Beschäftigte im Bergbau	0,98		38,88
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,99	0,95
F-Statistik		2828,66...	3258,30
			1511,79

Übersicht 2.15:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
Empfang der Regionen: Güterbereich 3 — Kohle

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (1-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980 Testrechnung
Steinkohleeinsatz in Kraftwerken	0,89	16,30	
Kokseinsatz in Hochofenwerken	0,62	10,30	
Kohleverbrauch der übrigen Wirtschaftsbereiche	0,69	8,60	
Steinkohleeinsatz in Kraftwerken, Kokseinsatz in Hochofenwerken und sonstiger Kohleverbrauch	0,92	28,47	
Beschäftigte im Bergbau	0,87		12,00
Beschäftigte in der Energiewirtschaft	0,77		7,37
Beschäftigte in der Metallerzeugung und -bearbeitung	0,74		4,38
Multiples Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,94	0,84
F-Statistik		381,85	810,36
			0,90
			231,82

2.6.3.2 *Empfang*

Übersicht 2.15 zeigt ein Ergebnis für die Testrechnungen, das es erlaubt, die bislang als erklärende Variablen für den Empfang von Kohle verwendeten Kohleeinsatz und -verbrauchsmengen durch eine Kombination der Beschäftigten in den Bereichen Energie, Bergbau und Metallherzeugung zu ersetzen. Die gemeinsame statistische Signifikanz der drei Sektoren ergibt sich durch die Standortwahl der auf Kohle angewiesenen Schwerindustrie und der auf Kohlebasis betriebenen Kraftwerke. Trotz der sehr guten Approximation ($r^2 = 0,90$) sind auch hier Sondereinflüsse, wie die geplante Inbetriebnahme neuer Steinkohlekraftwerke speziell zu berücksichtigen.

2.6.4 Güterbereich 4: Rohöl

2.6.4.1 *Versand*

Dieser Massengutbereich ist durch einen sehr hohen Konzentrationsgrad der regionalen Verflechtung gekennzeichnet. Durch die Abhängigkeit vom Import über europäische Hochseehäfen und die überwiegende Anlieferung durch Rohrfernleitungen ergibt sich eine enge Fixierung des Versands auf bestimmte Raumeinheiten, die mit den ökonomischen und demographischen Variablen des Kernmodells nicht zu erklären sind. So konnte für diesen Güterbereich keine andere Variable die bisher benutzte mengenmäßige Einflußgröße Import von Rohöl ersetzen (vgl. Übersicht 2.16).

2.6.4.2 *Empfang*

Auch für den Empfang von Rohöl ist ein hoher regionaler Konzentrationsgrad festzustellen. Die räumliche Struktur wird zu großen Teilen durch Großverbraucher und das System von Rohrfernleitungen bestimmt. Zur Erklärung dieses Bereichs muß daher auch künftig die Variable Raffinerieeinsatz verwendet werden (vgl. Übersicht 2.17).

2.6.5 Güterbereich 5: Mineralölprodukte

2.6.5.1 *Versand*

Auch dieser noch zum Massengutsektor zählende Güterbereich ist durch einen hohen Konzentrationsgrad der regionalen Verflechtung gekennzeichnet. Die beste statistische Anpassung ergab daher auch die als Variante I in der Übersicht 2.18 ausgewiesene Rechnung mit der Mengenvariablen Raffinerieausstoß als Erklärungsgröße. Daneben konnte eine Variante II bestimmt werden, die zwar eine weniger exakte Approximation gewährleistet, jedoch aus den Daten des Kernmodells Beschäftigte in der chemischen Industrie und der Mineralölverarbeitung, Beschäftigte im Bergbau sowie Bruttoinlandsprodukt im Warenproduzierenden Gewerbe je Einwohner der Region gebildet wird. Mit $r^2 = 0,49$ ergab sich ein Bestimmtheitsmaß, daß für Querschnittsregressionen noch akzeptabel erscheint und Variante II somit als prognosefähige Alternative ausweist.

2.6.5.2 *Empfang*

Die Beschäftigtendaten der Sektoren Energiewirtschaft, chemische Industrie und Mineralölverarbeitung sowie Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau bilden eine Variablenkombination, die es — bei leicht verbesserter Anpassungsgenauigkeit — erlaubt, die bislang zur Erklärung benutzte Größe Verbrauch an Mineralölerzeugnisse zu ersetzen (vgl. Übersicht 2.19).

2.6.6 Güterbereich 6: Eisenerze

2.6.6.1 *Versand*

Der Eisenerzverkehr zeigt einen hohen Konzentrationsgrad auf nur wenige Quell- und Zielorte, wobei für das Transportaufkommen insgesamt nahezu ausschließlich Importerze von Bedeutung sind. Die Versandstruktur dieses Güterbereichs ist daher nicht mit Produktions- und Beschäftigungsgrößen der Raumeinheiten zu er-

klären. Die beiden in Übersicht 2.20 ausgewiesenen Varianten zeigen vielmehr, daß die Variable Import von Eisenerzen (nach Versandregionen) die wichtigste Determinante der räumlichen Verteilung in diesem Bereich darstellt. Die beste Approximation ergibt sich (Variante I), wenn als weitere erklärende Variable der Verbrauch von Eisenerzen hinzugefügt wird. In Variante II wird als zweite Erklärungsgröße eine Variable, die aus den Ergebnissen des Kernmodells gebildet werden kann, verwendet. Das Bestimmtheitsmaß ist gegenüber Variante I allerdings geringer.

2.6.6.2 Empfang

Auch für die Regionalstruktur des Empfangs von Eisenerz (Übersicht 2.21) gilt, daß die Annäherung an die Empirie weitaus am besten bei der Verwendung einer spezifischen Mengengröße, des Verbrauchs von Eisenerzen, ausfällt ($r^2 = 0,99$). Eine Variante, die aus bevölkerungsspezifischen Koeffizienten der Beschäftigtendaten in den Sektoren Bergbau sowie Metallherzeugung und -bearbeitung gebildet wird, ergibt dagegen mit 0,41 ein deutlich reduziertes Bestimmtheitsmaß. Die Signifikanz des Einflusses beider Variablen ist dagegen gesichert ($\alpha = 0,05$). Diese statistischen Ergebnisse dürften an der unteren Grenze der Verwertbarkeit von Querschnittsregressionen für Vorausschätzungen liegen.

2.6.7 Güterbereich 7: NE-Metallerze, Schrott

2.6.7.1 Versand

In diesem Bereich gelang es durch die Verwendung spezifischer Beschäftigtendaten mehrere Mengengrößen als Regressoren zu ersetzen und gleichzeitig die Approximationsgenauigkeit zu erhöhen (vgl. Übersicht 2.22). Als erklärende Variable wurden die Beschäftigten in den drei Sektoren Metallherzeugung und -bearbeitung, Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugzeugbau, Bergbau sowie der Koeffizient Anteil der im Bergbau Beschäftigten an der Regionsbevölkerung ermittelt.

2.6.7.2 Empfang

Auch der Empfang von NE-Metallerzen und Schrott konnte mit einer Regression auf Beschäftigtendaten erklärt werden. Wie die Übersicht 2.23 zeigt, ergibt die Verwendung der Variablen Beschäftigte in der Metallherzeugung und -bearbeitung sowie des Anteils der im Bergbau Beschäftigten an der Bevölkerung als Regressoren bei gesicherter Signifikanz beider Faktoren ein ausreichend hohes Bestimmtheitsmaß ($r^2 = 0,75$).

2.6.8 Güterbereich 8: Eisen, Stahl, NE-Metalle

2.6.8.1 Versand

Dieser Güterbereich weist eine mittlere Konzentration der regionalen Verkehrsverflechtung auf. Auch hier konnten die bislang zur Erklärung der Regionalstruktur verwendeten Produktionsmengen (Produktion von Walzstahl, Erzeugung der Ziehereien, Kaltwalzwerke und der Stahlverformung) durch Beschäftigtendaten (Metallherzeugung und -bearbeitung, Bergbau) ersetzt werden, wie Übersicht 2.24 ausweist. Das Bestimmtheitsmaß ergab für beide Rechnungen nahezu den gleichen relativ hohen Wert (0,88 bzw. 0,89).

2.6.8.2 Empfang

Die regionale Struktur des Empfangs von Eisen, Stahl und NE-Metallen kann nunmehr ebenfalls mit spezifischen Beschäftigtendaten erklärt werden, wie die in Übersicht 2.25 ausgewiesene Testrechnung zeigt. Die Kombination der drei Variablen Beschäftigte in den Sektoren Metallherzeugung und -bearbeitung, Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau sowie Bergbau ergab eine ausgezeichnete Anpassung der Schätzwerte an die empirischen Daten ($r^2 = 0,94$). Die gemeinsame Signifikanz der Beschäftigtengrößen in den drei genannten Sektoren deutet, ähnlich wie es bereits für den Güterbereich Kohle ausgeführt wurde, auf Abhängigkeit und Interdependenz der Standortentscheidungen hin.

Übersicht 2.16:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 4 — Rohöl

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980 Testrechnung
Import von Rohöl	0,86	nicht berechnet	789,36 14,95
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)			0,99
F-Statistik			623 091,00 223,37

Übersicht 2.17:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
Empfang der Regionen: Güterbereich 4 — Rohöl

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980 Testrechnung
Verbrauch von Rohöl (Raffinerieinsatz)	0,92	nicht berechnet	66,50 20,70
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)			0,97
F-Statistik			4 422,48 428,54

Übersicht 2.19:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
Empfang der Regionen: Güterbereich 5 — Mineralölprodukte

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)		Testrechnung
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980	
Verbrauch in Kraftwerken	0,54	1,92		
Verbrauch der Industrie	0,87	5,39		
Verbrauch der übrigen Wirtschaftsbereiche	0,80	3,18		
Verbrauch insgesamt	0,88		21,93	
Beschäftigte in der Energiewirtschaft	0,82			3,54
Beschäftigte im Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau	0,80			3,05
Beschäftigte in der chemischen Industrie und der Mineralölverarbeitung	0,79			5,30
Multiple Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,79	0,76	0,80
F-Statistik		93,67	481,00	100,32

Übersicht 2.20:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 6 — Eisenerze

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)		
		vorliegende Progrößen DIW 1975	DIW 1980	Testrechnungen I II
Import von Eisenerzen	0,62	nicht berechnet	547,36	8,72 7,60
Verbrauch von Eisenerzen	0,46			6,55
Beschäftigte im Bergbau / Bevölkerung	0,24			3,33
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)			0,99	0,61 0,46
F-Statistik			299 601,00	58,76 32,86

Übersicht 2.2f:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
Empfang der Regionen: Güterbereich 6 — Eisenerze

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980
Verbrauch an Eisenerzen Beschäftigte im Bergbau / Bevölkerung Beschäftigte in der Metallerzeugung und -bearbeitung / Bevölkerung	0,99	nicht berechnet	88,98
	0,56		4,73
	0,49		3,65
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,99	0,41
F-Statistik		3 532 070,00	7 916,93

Übersicht 2.22:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 7 — NE-Metallerze, Schrott

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)		Testrechnung
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980	
Eigenanfall an Eisen- und Stahlschrott	0,65	6,49	8,91	
Lieferungen des Handels von NE-Metallerzen und Schrott	0,80	6,61	8,75	
Produktion von Investitionsgütern insgesamt	0,57	3,24	5,18	
Beschäftigte in der Metallherzeugung und -bearbeitung	0,79			6,20
Beschäftigte im Bergbau	0,78			2,88
Beschäftigte im Bergbau / Bevölkerung	0,74			2,45
Beschäftigte im Stahl-, Maschinen und Fahrzeugbau	0,61			6,88
Multiples Bestimmtheitsmaß (r²)				
		0,78	0,77	0,87
F-Statistik		87,75	168,05	122,66

Übersicht 2.23:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 7 — NE-Metallerze, Schrott

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980 Testrechnung
Lieferungen des Handels von NE-Metallerzen und Schrott	0,68	9,09	13,71
Verbrauch der Stahlwerke an NE-Metallerzen und Schrott	0,87	16,10	25,75
Verbrauch von NE-Metallerzen der NE-Metallhütten	0,48	2,86	
Beschäftigte im Bergbau / Bevölkerung	0,79		7,92
Beschäftigte in der Metallherzeugung und -bearbeitung	0,74		6,07
Multiples Bestimmtheitsmaß (r ²)		0,90	0,90
F-Statistik		219,14	674,58
			114,35

Übersicht 2.24:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten

Versand der Regionen: Güterbereich 8 — Eisen, Stahl, NE-Metalle

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	Testrechnung DIW 1980
Produktion von Walzstahl	0,92	18,52	32,51
Erzeugung der Zieherelen, Kaltwalzwerke und der Stahlverformung	0,40	3,62	5,86
Produktion von NE-Metallen	0,45	2,75	
Beschäftigte im Bergbau / Bevölkerung	0,83		4,09
Beschäftigte in der Metallerzeugung und -bearbeitung	0,83		10,28
Beschäftigte im Bergbau	0,82		2,36
<hr/>			
Multiplies Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,88	0,89
F-Statistik		182,88	650,47
			189,80

Übersicht 2.25:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
Empfang der Regionen: Güterbereich 8 — Eisen, Stahl, NE-Metalle

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980
Produktion von Walzstahl	0,75	9,29	15,74
Erzeugung der Zieherelen, Kaltwalzwerke und der Stahverformung	0,52	4,15	5,94
Verbrauch insgesamt von Eisen, Stahl und NE-Metallen	0,54	5,20	6,25
Produktion von NE-Metallen	0,47	2,33	
Beschäftigte in der Metallerzeugung und -bearbeitung	0,88		14,14
Beschäftigte im Bergbau	0,82		13,43
Beschäftigte im Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau	0,54		5,35
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,78	0,78
F-Statistik		66,48	182,02
			0,94
			389,03

2.6.9 Güterbereich 9: Steine und Erden

2.6.9.1 Versand

In diesem Güterbereich dominieren Transporte über relativ geringe Entfernungen, die vorwiegend im Straßengüterverkehr durchgeführt werden. Die Regionalstruktur weist nur eine relativ geringe Konzentration auf.

In den vorliegenden Prognosen wurde der Versand der Raumeinheiten mit Produktionsmengen aus dem Bereich der Steine- und Erdenindustrie erklärt. Die Testrechnungen haben gezeigt, daß die für diesen Sektor spezifische Beschäftigtenvariable im Sektor Steine, Erden, Feinkeramik, Glas zusammen mit dem Bruttoinlandsprodukt im warenproduzierenden Bereich ebenfalls eine zufriedenstellende Anpassungsgenauigkeit ergibt (vgl. Übersicht 2.26).

2.6.9.2 Empfang

Wichtigste Erklärungsgröße des regionalen Empfangs von Steinen und Erden war bislang das Rohbauvolumen. Mit den Beschäftigtendaten des Baugewerbes und des Sektors Steine, Erden, Feinkeramik, Glas können auch für diesen Bereich Mengengrößen durch Variablen des Kernmodells ersetzt und gleichzeitig die statistische Approximation verbessert werden (vgl. Übersicht 2.27).

2.6.10 Güterbereich 10: Chemische Erzeugnisse, Düngemittel

2.6.10.1 Versand

In den vorliegenden Prognosen ergab sich der engste Zusammenhang für die Regionalstruktur in diesem Bereich mit der Variablen Kali- und Steinsalzförderung. Die Testrechnungen in Übersicht 2.28 zeigen, daß die diesem Güterbereich zuzuordnende Beschäftigtengröße des Sektors chemische Erzeugnisse und Mineralölverarbeitung einen etwas geringeren singulären Korrelationskoeffizienten aufweist. Beide Variablen zusammen ergeben in der Variante I eine ausgezeichnete Approximation der Schätzwerte an die empirischen Verkehrsdaten ($r^2 = 0,92$). Als Alternative ohne Mengengröße konnte in der Variante II die Kombination aus der genannten Beschäftigtengröße und dem Bevölkerungsanteil der im Bergbau Beschäftigten gesichert werden. Hier ist das Bestimmtheitsmaß mit $r^2 = 0,45$ allerdings wesentlich geringer, für Prognosen auf der Grundlage von Querschnittsregressionen kennzeichnet es aber einen noch verwendbaren Zusammenhang.

2.6.10.2 Empfang

In diesem Bereich konnten die bisher verwendeten Erklärungsvariablen (Mengengröße und Beschäftigtenzahl) durch die Beschäftigten im Sektor chemische Industrie und Mineralölverarbeitung ersetzt werden. Die Annäherungsgenauigkeit wurde dabei leicht verbessert (vgl. Übersicht 2.29).

2.6.11 Güterbereich 11: Investitionsgüter

2.6.11.1 Versand

In diesem Güterbereich ist nur eine geringe Konzentration der räumlichen Verkehrsverflechtung vorhanden. Die Regionalstruktur des Versands ist daher sehr gut mit den Beschäftigtendaten der hauptsächlich betroffenen Wirtschaftsbereiche Metallerzeugung und -bearbeitung sowie Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau erklärbar. Die Mengengröße Produktion von Investitionsgütern kann dadurch ersetzt werden (vgl. Übersicht 2.30).

2.6.11.2 Empfang

Der Versand von Investitionsgütern war bereits in der DIW-Prognose 1980 mit dem Bruttoinlandsprodukt als Regressor vorausgeschätzt worden. Zusätzlich kann nunmehr noch die Zahl der Beschäftigten im Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau als unabhängige Variable verwendet werden. Die resultierende Anpassungsgenauigkeit ist bei $r^2 = 0,96$ ausgezeichnet (vgl. Übersicht 2.31).

Übersicht 2.26:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 9 — Steine und Erden

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	Testrechnung DIW 1980
Produktion von Natursteinen	0,56	9,35	
Produktion von Sand und Kies	0,55	4,34	
Produktion von Kalkstein, Kalk und Gips	0,12	2,00	
Produktion von Betonzeugnissen und Mauersteinen	0,86	13,96	
Produktion der Steine- und Erdenindustrie	0,72	10,75	
Beschäftigte in der Steine-, Erden-, Fein-keramik- und Glasindustrie	0,78		7,57
Bruttoinlandsprodukt des warenproduzierenden Gewerbes	0,67		4,20
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,89	0,43
F-Statistik		153,37	115,59
			0,68
			81,51

Übersicht 2.27:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 9 — Steine und Erden

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	Testrechnung DIW 1980
Rohbauvolumen insgesamt	0,80	1,19	17,32
Produktion von Betonzeugnissen und Mauersteinen	0,86	7,33	
Bevölkerung	0,79	0,33	
Beschäftigte in der Steine-, Erden, Fein-keramik- und Glasindustrie	0,80		8,31
Beschäftigte im Baugewerbe	0,80		8,21
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,79	0,66
F-Statistik		95,74	299,95
			160,72

Übersicht 2.28:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 10 — Chemische Erzeugnisse, Düngemittel

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980
Kall- und Steinsalzförderung Produktion von chemischen Erzeugnissen Beschäftigte in der chemischen Industrie und der Mineralölverarbeitung Beschäftigte im Bergbau / Bevölkerung	0,77	21,78	22,71
	0,54	15,49	7,91
	0,61		17,58
	0,35		6,66 3,26
Multiples Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,90	0,29
F-Statistik		351,95	62,63
		0,92	0,45
		429,96	30,48

Übersicht 2.29:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Empfang der Regionen: Güterbereich 10 — Chemische Erzeugnisse, Düngemittel

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariabler.	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980 Testrechnung
Verbrauch von chemischen Erzeugnissen Insgesamt	0,62	2,95	3,71
Beschäftigte in Handel und Verkehr	0,63	3,20	4,88
Beschäftigte in der chemischen Industrie und der Mineralverarbeitung	0,70		8,50
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,46	0,45
F-Statistik		31,83	63,47
			72,32

Übersicht 2.30:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
 Versand der Regionen: Güterbereich 11 — Investitionsgüter

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980 Testrechnung
Produktion des Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbaus	0,96	19,05	
Produktion von elektrotechnischen und EBM-Erzeugnissen	0,78	4,47	
Produktion von Investitionsgütern	0,96	42,34	
Beschäftigte im Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau	0,96		30,39
Beschäftigte in der Metallerzeugung und der -bearbeitung	0,59		7,15
<hr/>			
Multiplies Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,93	0,92
F-Statistik		529,50	1 792,28
			0,95
			732,39

Übersicht 2.3f:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
Empfang der Regionen: Güterbereich 11 — Investitionsgüter

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DRW 1980 Testrechnung
Produktion von Investitionsgütern Insgesamt	0,97	6,72	
Verbrauch von Investitionsgütern	0,96	4,95	
Bruttoinlandsprodukt insgesamt	0,91	26,55	4,94
Beschäftigte im Stahl-, Maschinen- und Fahrzeugbau	0,97		14,87
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,95	0,82
F-Statistik		682,66	705,01
			0,96
			801,84

Übersicht 2.32:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten

Versand der Regionen: Güterbereich 12 — Verbrauchsgüter

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)		Testrechnung
		vorliegende Prognosen DIW 1975	DIW 1980	
Produktion von Holz	0,28	2,56		
Produktion von Papier und Pappe	0,38	2,42		
Produktion von Papier-, Pappwaren- und Druckerzeugnissen	0,89	2,09		
Produktion von Textilien und Bekleidung	0,58	5,58		
Produktion von Verbrauchsgütern	0,57		10,72	
Beschäftigte in Handel und Verkehr	0,89	9,03	27,35	
Beschäftigte im Handel	0,89			4,25
Beschäftigte im Nahrungs- und Genussmittelgewerbe	0,88			2,91
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,91	0,89	0,82
F-Statistik		155,12	610,11	171,30

Übersicht 2.33:

Testrechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr auf der Basis der 79 statistischen Raumeinheiten
Empfang der Regionen: Güterbereich 12 — Verbrauchsgüter

unabhängige Variablen	singulärer Korrelationskoeffizient mit der Verkehrsvariablen	Signifikanz der Variablen im linearen Modell (t-Wert)	
		vorliegende Prognosen DIW 1975	Testrechnung DIW 1980
Bruttoinlandsprodukt insgesamt	0,95	4,47	6,07
Bevölkerung	0,94	2,40	3,74
Beschäftigte im Handel / Bevölkerung	0,62		19,75 2,98
Multipl. Bestimmtheitsmaß (r^2)		0,91	0,91
F-Statistik		377,59	783,08 339,37

2.6.12 Güterbereich 12: Verbrauchsgüter

2.6.12.1 Versand

Dieser heterogene Güterbereich weist ebenfalls einen sehr geringen Konzentrationsgrad der regionalen Verkehrsverflechtung auf. Auch hier war es möglich, Produktionsmengen als Leitvariablen durch Daten des Kernmodells zu ersetzen. Wie aus Übersicht 2.32 hervorgeht, ergeben die Beschäftigtendaten für die beiden Bereiche Handel sowie Nahrungs- und Genußmittel eine gute statistische Anpassung.

2.6.12.2 Empfang

Der Empfang von Verbrauchsgütern ist in den beiden vorliegenden DIW-Prognosen durch die Variablen Bruttoinlandsprodukt und Bevölkerung erklärt worden. Wie Übersicht 2.33 zeigt, kann als weitere Variante die Kombination aus Bevölkerung und Anteil der im Handel Beschäftigten an der Bevölkerung verwendet werden.

2.6.13 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Testrechnungen zeigen, daß es mit dem hier vorgeschlagenen Leitdatensystem möglich ist, die bislang verwendeten Produktions- und Verbrauchsgrößen als Basis von regionalen Güterverkehrsprognosen weitgehend zu ersetzen. Von den in beiden vorliegenden Prognosen insgesamt verwendeten 53 Produktions- und Verbrauchsdaten sind lediglich die drei Variablen

- Import von Rohöl für den Bereich Versand von Rohöl,
- Verbrauch von Rohöl für den Empfang von Rohöl und
- Import von Eisenerzen für den Versand von Eisenerzen

als statistische Erklärungsgrößen unabdingbar.

In drei weiteren Fällen, in denen mit Variablen des Kernmodells eine noch ausreichende statistische Annäherung erreicht werden konnte, verbesserte sich diese bei Verwendung von Mengendaten erheblich. Hierbei handelt es sich um die Merkmale:

- Produktion von Mineralölerzeugnissen (Raffinerieausstoß) als Erklärungsgröße für den Bereich Versand von Mineralölprodukten,
- Verbrauch von Eisenerzen als Erklärungsgröße für den Versand und den Empfang von Eisenerzen und
- Kali- und Steinsalzförderung als Erklärungsgröße für den Versand von chemischen Erzeugnissen.

Die endgültige Auswahl unter den möglichen Varianten ist bei der Bearbeitung der entsprechenden Güterverkehrsprognosen unter den Gesichtspunkten aktuelle Datenverfügbarkeit erforderliche Disaggregation und verwendeter Modelltyp⁵⁹ zu treffen.

Von diesen Einschränkungen abgesehen können die Rechnungen zur Verkehrserzeugung im Güterverkehr nach den vorliegenden Ergebnissen nunmehr durchgängig auf Beschäftigtendaten, Beiträge zum Bruttoinlandsprodukt oder demographische Variablen zurückgeführt werden.

Zum einen ist damit die Forderung erfüllt, Leitdatenprognosen flexibler, mit geringerem empirischen Aufwand und konsistent mit Prognosen der gesamtwirtschaftlichen Rahmendaten zu erstellen, zum anderen wird für den hier abgeleiteten Leitdatenkatalog in Teil 3 eine Prognosemethodik entwickelt, die gegenüber den bislang verwendeten Verfahren durch die simultane Schätzung von Bevölkerung und Arbeitsplätzen wesentliche Fortschritte enthält und die für Güterverkehrsprognosen erforderliche feinere Differenzierung der Wirtschaftssektoren nunmehr gewährleistet.

Die statistische Verfügbarkeit der für das Kernmodell benötigten Inputdaten wird im Teil 3 (Abschnitt 3.4.1) untersucht.

⁵⁸ Z.B. wäre für ein Marginalmodell (vgl. 2.33) die Approximationsgenauigkeit von empirischen Ausgangsdaten nicht notwendigerweise das ausschlaggebende Kriterium.

3. Konzeption eines realisierbaren Modellsystems zur Vorausschätzung von Leitdaten für Verkehrsprognosen

3.1 Aufbau des Modellsystems und gesamtwirtschaftliche Rahmenprognosen

3.1.1 Überblick über das vorgeschlagene Modellsystem und seine Subsysteme

Die allgemeinen verkehrsrelevanten Leitdaten wie die regionalen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzbestände können ebensowenig wie die spezifischen Leitdaten für die Personen- und Güterverkehrsprognosen (beispielsweise die Zahl der Erwerbstätigen in den verschiedenen Wirtschaftszweigen oder die Zahl der Schüler und Studierenden) mit einem einzigen homogenen Gesamtmodell prognostiziert werden, denn das Spektrum der sozioökonomischen Größen, von denen die Verkehrsnachfrage abhängt, ist so breit, daß auf mehrere in unterschiedlichen Disziplinen der Sozialwissenschaften entwickelte Spezialmodelle zurückgegriffen werden muß, um die gesteckten Ziele zu erreichen.

So müssen in der Ökonometrie entwickelte Modelle herangezogen werden, um die vielfältigen Interdependenzen der volkswirtschaftlichen Größen auf Makroebene abzubilden, die den gesamträumlichen Rahmen für die regionalen Prognosen bilden. Grundlage für die ökonometrischen Prognosen des Wirtschaftswachstums sind wiederum Basisvariablen über die Bevölkerungsentwicklung, deren Modellierung einen Rückgriff auf demographische Spezialmodelle erfordert.

Die vielfältigen Interdependenzen zwischen der Entwicklung der Bevölkerung und der Erwerbstätigenzahl durch Geburten, Sterbefälle und Wanderungen auf der einen Seite und der durch Betriebserweiterungen, Stilllegungen und Betriebsansiedlungen bestimmten Zahl an Arbeitsplätzen auf der anderen Seite erfordert darüber hinaus eine detaillierte Modellierung auf regionaler Ebene, denn alle sozioökonomischen Größen, insbesondere die Arbeitsmarktungleichgewichte, beziehen sich letztlich auf bestimmte Regionen, und insbesondere die Verkehrsströme sind als ein Ausdruck der Tatsache anzusehen, daß die ökonomischen und die nicht-ökonomischen Aktivitäten der Menschen an konkrete Lebensräume gebunden sind. Die gesamträumlichen Größen müssen daher in Variablen mit regionaler Dimension umgesetzt werden, was einen Rückgriff auf Modelle erfordert, die in der Regionalwissenschaft entwickelt wurden.

Dabei kann es sich nicht darum handeln, die verschiedenen ökonometrischen, bevölkerungswissenschaftlichen und regionalwissenschaftlichen Modelle additiv aneinanderzureihen. Dies ist aus technischen Gründen unmöglich, weil derartige Modelle meist unabhängig voneinander entwickelt und programmiert werden, so daß sie nicht über die zur Kopplung erforderlichen Schnittstellen verfügen. Aber auch dann, wenn das technische Problem der Kopplung lösbar wäre, würde aus einer Addition vorhandener Modelle noch kein Modellsystem entstehen, das dem im ersten Teil entwickelten Kriterium, nämlich einer zweckspezifischen Konzeption und Abstimmung aller Teilmodelle, entspricht.

Im DIW wurden schon in den bisherigen Leitdatenprognosen integrierte, das heißt an einem einheitlichen aufgabenspezifischen Zweck ausgerichtete Modelle eingesetzt. Sowohl das ökonometrische Modell des DIW als auch die Bevölkerungsmodelle waren vom Erklärungs- bzw. Prognosezweck her gesehen insofern homogen, als sie in ihren Basisannahmen aufeinander abgestimmt waren. Die Zusammenführung dieser Modelle wurde in zwei Schriften von W. Kirner dokumentiert¹.

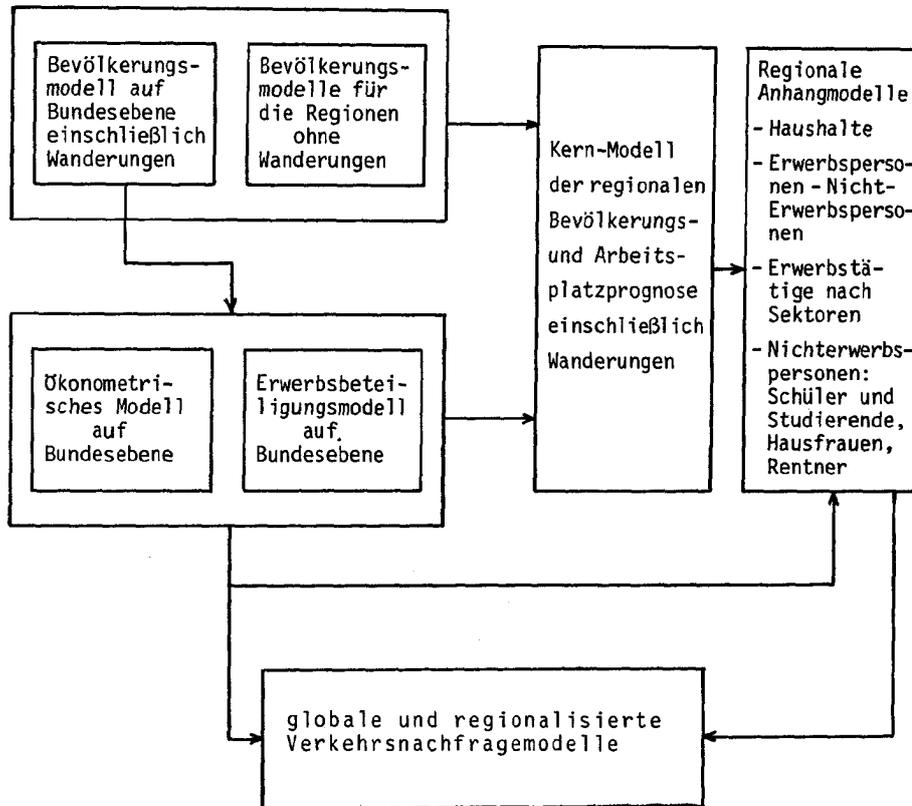
Nach Abschluß der entsprechenden Gutachten wurden die Arbeiten auf einem für die Zwecke der Verkehrsprognosen besonders wichtigen Modellbereich vorangetrieben: Ergebnis ist ein interregionales simultanes Modell, das die Kern-Variablen der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung simultan zu prognostizieren erlaubt. Dieses Modell wird im folgenden als Kern-Modell bezeichnet².

¹ W. Kirner: Projektion von Komponenten der wirtschaftlichen Entwicklung in den Regionen — Integrierte Langfristprognose für die Verkehrsnachfrage im Güter- und Personenverkehr in der BRD bis zum Jahr 1990. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, DIW, Berlin, November 1975; ders.: Projektion von Komponenten der demographischen und der wirtschaftlichen Entwicklung in den Regionen bis zum Jahr 2000. Anschlußgutachten vom Juli 1978. (Unveröffentlicht).

² H. Birg: Zur Interdependenz der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung . . . , op. cit.

Obersicht 3.1

Überblick über das Modellsystem und seine Subsysteme



Das vorgeschlagene und im folgenden überblicksartig dargestellte integrierte Modellsystem besteht aus folgenden Subsystemen (vgl. auch Übersicht 3.1):

(1) Bevölkerungsmodell auf Bundesebene

Vorgaben:

Bevölkerung in einer Untergliederung nach einzelnen Altersjahren, Geschlecht, sowie Deutschen und Ausländern.

Annahmen:

Über die Entwicklung der Geburtenhäufigkeit, der Sterblichkeit und der Wanderungen über die Grenzen des Bundesgebiets.

Rückkopplungen:

Die Annahmen müssen konsistent sein mit dem Ergebnis der Wirtschaftsprognose (Einfluß auf die Wanderungen) und mit den regionsspezifischen Annahmen über Geburten und Sterbefälle.

Hauptprobleme:

Realistische Prognose der Wanderungen über die Bundesgrenze. Neben den ökonomisch induzierten Wanderungen spielen Asylanten und Wanderungen im Wege der Familienzusammenführung zunehmend eine Rolle.

(2) Bevölkerungsmodelle für die Regionen (Kreise)

Vorgaben:

Bevölkerung in einer Untergliederung nach einzelnen Altersjahren, Geschlecht, aber nicht nach Nationalität.

Annahmen:

Regionsspezifische Annahmen über den Verlauf der Geburtenhäufigkeit und der Sterbewahrscheinlichkeit. Keine Annahmen über die Entwicklung der Wanderungen.

Rückkopplungen:

1. Die regionalen Annahmen müssen konsistent sein mit den entsprechenden Annahmen auf Bundesebene.
2. Die Ergebnisse der regionalen Modelle über die natürliche Bevölkerungsentwicklung gehen als Input in das Kern-Modell der regionalen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose ein.

Hauptproblem:

1. Die Bevölkerungsbestände sind auf Kreis-Ebene nur in einer Untergliederung nach 5-Jahres-Altersgruppen verfügbar. Dies macht eine Umrechnung in einzelne Altersjahre erforderlich. 2. Gleichen sich die sehr großen regionalen Unterschiede der Geburtenhäufigkeit (das Verhältnis der maximalen und minimalen Nettoerzeugungsrate ist 1:4) aneinander an, und wenn ja, in welchem Ausmaß? 3. Die Wanderungen können in diesem Modell erst nachträglich berücksichtigt werden, weil sie das Ergebnis des nachgeordneten Kern-Modells sind. Dies erfordert einen zweiten Prognoselauf unter Einschluß von Wanderungen. Der zweite Prognoselauf muß in der Summe der Regionen mit dem Ergebnis des Prognosemodells auf Bundesebene konsistent sein. Dies erfordert schwierige Abstimmungsprozesse.

(3) Erwerbsbeteiligungsmodell auf Bundesebene³**Vorgaben:**

1. Bevölkerungsprognose nach Alter und Geschlecht, wobei die Frauen zusätzlich nach dem Merkmal verheiratet/nicht verheiratet zu differenzieren sind.
2. Zahl der Kinder unter 6 Jahren (bestimmt die Frauenerwerbsquote mit).

Annahmen:

Über die Entwicklung der Reallohnsätze, getrennt für Männer und Frauen.

Rückkopplungen:

Die Ergebnisse über die Entwicklung der Erwerbsquoten ergeben zusammen mit der Bevölkerungsprognose das Angebot an Arbeitskräften, das mit dem Ergebnis der Wachstumsprognose aus dem ökonomischen Modell konsistent sein muß.

Hauptprobleme:

Durch das Phänomen der „Ehen ohne Trauschein“ wird es zunehmend schwieriger, den Einfluß des Familienstandes auf die Erwerbsbeteiligung mit dem Merkmal verheiratet bzw. nicht verheiratet in den Griff zu bekommen. Besondere Probleme wirft auch die Schätzung der Zahl der arbeitssuchenden Erwerbspersonen auf, die arbeitslos sind, sich aber nicht als Arbeitslose registrieren lassen („stille Reserve“). Die stille Reserve ist eine Funktion der Arbeitslosigkeit insgesamt (Entmutigungseffekt).

(4) Ökonometrisches Modell auf Bundesebene⁴**Vorgaben:**

Quantifizierung der Zusammenhänge zwischen der Produktionstätigkeit, der Einkommensentstehung, -verteilung und -verwendung in Strukturgleichungen, deren zeitliche Stabilität groß genug ist, um von der Vergangenheit auf die Zukunft übertragen zu werden (Parameterschätzungen für ein interdependentes Gleichungssystem).

Annahmen:

Vor allem über die Entwicklung des Welthandels (bestimmt Exporte), über den Produktivitätsanstieg in den Sektoren, über die Lohn-Gewinn-Relation, über die ökonomische Aktivität des Staates u.a.m.

Rückkopplungen:

Der Bedarf bzw. der Überschuß an Arbeitskräften bestimmt die Wanderung von Gastarbeitern, die in das Bevölkerungsmodell als Vorgabe eingeht. Die Erwerbsquoten und die Bevölkerung bestimmen das Angebot an Arbeitskräften und über die Beschäftigten das Produktions-, Einkommens- und Konsumniveau, sowie andere Größen.

Hauptproblem:

Das Wirtschaftswachstum hängt außer von der Welthandelsentwicklung entscheidend vom Verhalten der Unternehmer und des Staates ab. Entsprechende Annahmen sind unsicher.

³ J. Blazejczak: Erwerbspersonenprognose. In: Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung ..., op. cit.

⁴ J. Blazejczak: Das DIW-Langfristmodell. Version 1982-1. DIW, Berlin 1982 (unveröffentlicht).

(5) Kern-Modell der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose

Vorgaben:

1. Prognose der natürlichen Bevölkerungsentwicklung in den Regionen (ohne Wanderungen) außerhalb des Kern-Modells. 2. Gliederung der Arbeitsplätze (= Beschäftigte) nach mindestens 18 Sektoren sowie Shift-Analyse der Arbeitsplatzentwicklung außerhalb des Modells. 3. Detaillierte Analyse der Wanderungsströme zwischen den Regionen in der Vergangenheit zur Vorgabe von Ober- und Untergrenzen für die Wanderungssalden der Regionen. 4. Eckwerte aus dem ökonometrischen Modell auf nationaler Ebene: Gesamtbevölkerung, Außenwanderungen, Ober- und Untergrenzen für die Arbeitslosigkeit auf Bundesebene, Gliederung der Erwerbstätigen und des Bruttoinlandsprodukts nach 18 Sektoren u.a. 5. Normative bzw. politische Vorgaben über die höchstzulässige regionale Arbeitslosenquote, über die maximalen Binnenwanderungssalden zwischen den Bundesländern und über den Ausländeranteil an der regionalen Wohnbevölkerung.

Rückkopplungen:

Die Wanderungen gehen als das zentrale Ergebnis des Kern-Modells in die regionalen Bevölkerungsmodelle ein.

Hauptprobleme:

Schätzung aktueller Strukturbeziehungen vor allem zwischen den Wanderungen und dem Angebot an Arbeitsplätzen. Offenbarung von politisch relevanten normativen Vorgaben, die eine Abstimmung zwischen den Ressorts erforderlich machen (Ober- und Untergrenzen für die Wanderungsströme zwischen den Bundesländern). Die Annahmen über die Wanderungen zählen zu den wichtigen Steuergrößen. Fehleinschätzungen berühren sämtliche Größen in allen regionalen Modellen auf das Nachhaltigste.

(6) Anhangmodelle

Vorgaben:

Ergebnisse aller übrigen 5 Modellsysteme.

Annahmen:

Die Gruppe der Anhangmodelle besteht aus 5 verschiedenartigen Submodellen mit jeweils unterschiedlichen Annahmen. Auf sie wird in den folgenden Abschnitten gesondert eingegangen.

Rückkopplungen:

Keine materiellen Rückkopplungen, lediglich Gewährleistung der Konsistenzbedingung, daß die untergliederten Größen in der Summe mit den vorgegebenen Werten übereinstimmen müssen.

Hauptproblem:

Je stärker die Untergliederung der Größen in den Anhangmodellen, desto größer der Informationsgehalt, aber desto unsicherer der zusätzliche Informationsgewinn.

3.1.2 Modell zur langfristigen Prognose der gesamtwirtschaftlichen Rahmendaten

3.1.2.1 Übersicht über das DIW-Langfrist-Modell

Das DIW-Langfrist-Modell ist ursprünglich aus der Verknüpfung der Version 5.5 des Bonner Modells, die die Nachfrage im privaten Sektor detailliert abbildet⁵, mit der Version 9, deren Schwerpunkt auf der Erklärung der Einkommensverteilung und der Komponenten des Staatshaushalts liegt⁶, entstanden. Für eine Reihe verschiedener Anwendungen (vgl. Übersicht 3.2) wurde das Modell in einem iterativen Prozeß von Modellsimulationen und Evaluierung der Ergebnisse seit 1979 ständig abgewandelt und erweitert, um es für die empirische Behandlung einer Reihe von Fragestellungen der längerfristigen Wirtschaftspolitik einsetzbar zu machen. Dabei wurden Fragestellungen der längerfristigen Wachstumspolitik, der Beschäftigungspolitik, der Finanzpolitik und der Energiepolitik behandelt⁷.

⁵ Vgl. W. Krelle: Erfahrungen mit einem ökonometrischen Prognosemodell für die Bundesrepublik Deutschland. Meisenheim am Glan, 1974 und H. Quinke (Zusammenstellung): Bonner Modell 5.5. Vervielfältigte Dokumentation, Bonn, 1978.

⁶ Vgl. W. Krelle, R. Pauly: Konsum und Investitionen des Staates bis 1985. Göttingen, 1976.

⁷ Vgl. Finanzierungsstruktur und Verteilungswirkungen einer nachfrageorientierten Strategie zur Wiedergewinnung der Vollbeschäftigung. In: Wochenbericht des DIW, Nr. 13/1979. — H.-J. Krupp, Staatsverschuldung — Mittel oder Hemmschuh der

Übersicht 3.2

Kurzbeschreibung des DIW-Langfristmodells (Berliner Version des Bonner Modells), Version 1982/1¹

Zweck: Mittel- und langfristige Prognose der gesamtwirtschaftlichen Rahmenbedingungen in der Bundesrepublik, Alternativprognosen und Simulation der Auswirkungen wirtschaftspolitischer, insbesondere fiskalpolitischer Maßnahmen.

Zahl der Gleichungen: insgesamt 382, darunter 101 stochastische Gleichungen; der simultane Block umfaßt 275 Gleichungen.

Zahl der exogenen Variablen: 80

Datenbasis: Im wesentlichen Jahresdaten der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung von 1960 bis 1980; außerdem Daten des IAB, der Bundesbank, der Anlagevermögensrechnung des DIW und des Erwerbsbeteiligungssubmodells.

Schätzverfahren: OLS, GLS

1) Ausführliche Dokumentationen sind enthalten in:

J. Blazejczak, Das DIW Langfrist-Modell, Version 1982/1. Berlin 1982 (als Manuskript veröffentlicht). - J. Blazejczak, Accessing the Performance of the DIW Long Term Model. Paper presented at the IfM/IfO Modelling Workshop. Berlin 1982 (als Manuskript vervielfältigt).

Die aktuelle Version des DIW-Langfrist-Modells enthält einschließlich des Sozialversicherungsteils 382 Gleichungen, die ebensoviele endogene Variablen erklären, davon 101 in stochastischen Gleichungen mit geschätzten Koeffizienten, die übrigen in definitorischen Gleichungen. Der Interdependenzgrad des Modells ist hoch, der simultane Block umfaßt 275 Gleichungen.

Die Zahl der exogenen Variablen, die die Modellvariablen beeinflussen, selbst aber für den angestrebten Untersuchungszweck als von diesen unbeeinflusst angesehen werden können, beträgt 80. Davon betreffen 10 den Arbeitsmarkt, 6 den Bereich der Kapitalbildung, 15 die Endnachfrage (davon jeweils 5 den Außenhandel und die Nachfrage des Staates) und 41 den Bereich der Verteilung und Umverteilung⁸.

Schaubild 3.1 zeigt eine vereinfachte Darstellung der wichtigsten Interdependenzen zwischen den Blöcken des DIW-Langfrist-Modells. Die Beschreibung des Gütermarktes enthält sowohl Angebots- als auch Nachfrageaspekte. Auf der Nachfrageseite werden die Verwendungskomponenten zu konstanten und zu jeweiligen Preisen unter Berücksichtigung der Einkommensverteilung, der Höhe der Produktion, der relativen Preise und der wahrscheinlichen weltwirtschaftlichen Entwicklung bestimmt; die Nachfrage des Staates ist weitgehend exogen. Die Investitionen tragen auf der Angebotsseite zum Wachstum des Kapitalstocks und zur Entwicklung der Produktivität bei und bewirken damit eine Erweiterung der Produktionsmöglichkeiten. Zur Bestimmung der Abgänge vom Kapitalstock werden Informationen aus der DIW-Kapitalstockrechnung über Altersstruktur und durchschnittliche Lebensdauer der Investitionsgüter in das Modell eingespeist. Arbeitsproduktivität und Lohnsatz sind entscheidend für die Höhe der Stückkosten, daneben werden Import- und Steuerstückkosten berücksichtigt. Die Stückkosten sind zusammen mit dem Auslastungsgrad des Produktionspotentials die wichtigsten Bestimmungsfaktoren für die Preisentwicklung des privaten Verbrauchs und der privaten Anlageinvestitionen. Die Preisindizes der übrigen Verwendungskomponenten werden daraus in Preisstrukturgleichungen bestimmt, der Preisindex des Sozialprodukts ergibt sich dann definitorisch aus den Aggregaten zu jeweiligen und zu konstanten Preisen.

Arbeitsangebot und Arbeitsnachfrage werden in einer Arbeitsmarktbilanz zusammengeführt, wobei die Nichtbeschäftigten entweder als registrierte Arbeitslose oder in der stillen Reserve berücksichtigt werden. Das Arbeitsangebot wird in einem Submodell für die Erwerbsbeteiligung auf der Basis des nach Alter und Geschlecht disaggregierten Bevölkerungsmodells ermittelt (vgl. 3.1.1). Aus dem Arbeitsvolumen und dem Lohnsatz — getrennt für den privaten Sektor und den Staat — ergeben sich die Bruttoeinkommen und — unter Berücksichtigung der Sozialbeiträge der abhängig Beschäftigten und der Lohnsteuern — die Nettoeinkommen aus unselbständiger Arbeit.

Die Bruttoeinkommen aus Unternehmertätigkeit und Vermögen werden — dem Vorgehen in der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung entsprechend — als Restgröße ermittelt. Die entnommenen Gewinne der Haushalte werden aus den Bruttoeinkommen aus Unternehmertätigkeit und Vermögen unter Berücksichtigung der Einkommenssteuer, der Körperschaftssteuer und der Vermögenssteuer sowie der übrigen Transaktionen mit dem Staat ermittelt. Entscheidend für die Höhe des privaten Verbrauchs, der bedeutendsten Komponente der Endnachfrage, ist das verfügbare Einkommen, das sich aus den Nettoeinkommen aus unselbständiger Arbeit, den entnommenen Gewinnen sowie dem Saldo der Übertragungen ergibt.

Die Transaktionen zwischen dem Staat — getrennt nach Gebietskörperschaften und Sozialversicherung — und den übrigen Sektoren, können daraus zusammengefaßt und als Einnahmen und Ausgaben in Staatskonten gegenübergestellt werden.

3.1.2.2 Die zentralen Bausteine des DIW-Langfrist-Modells

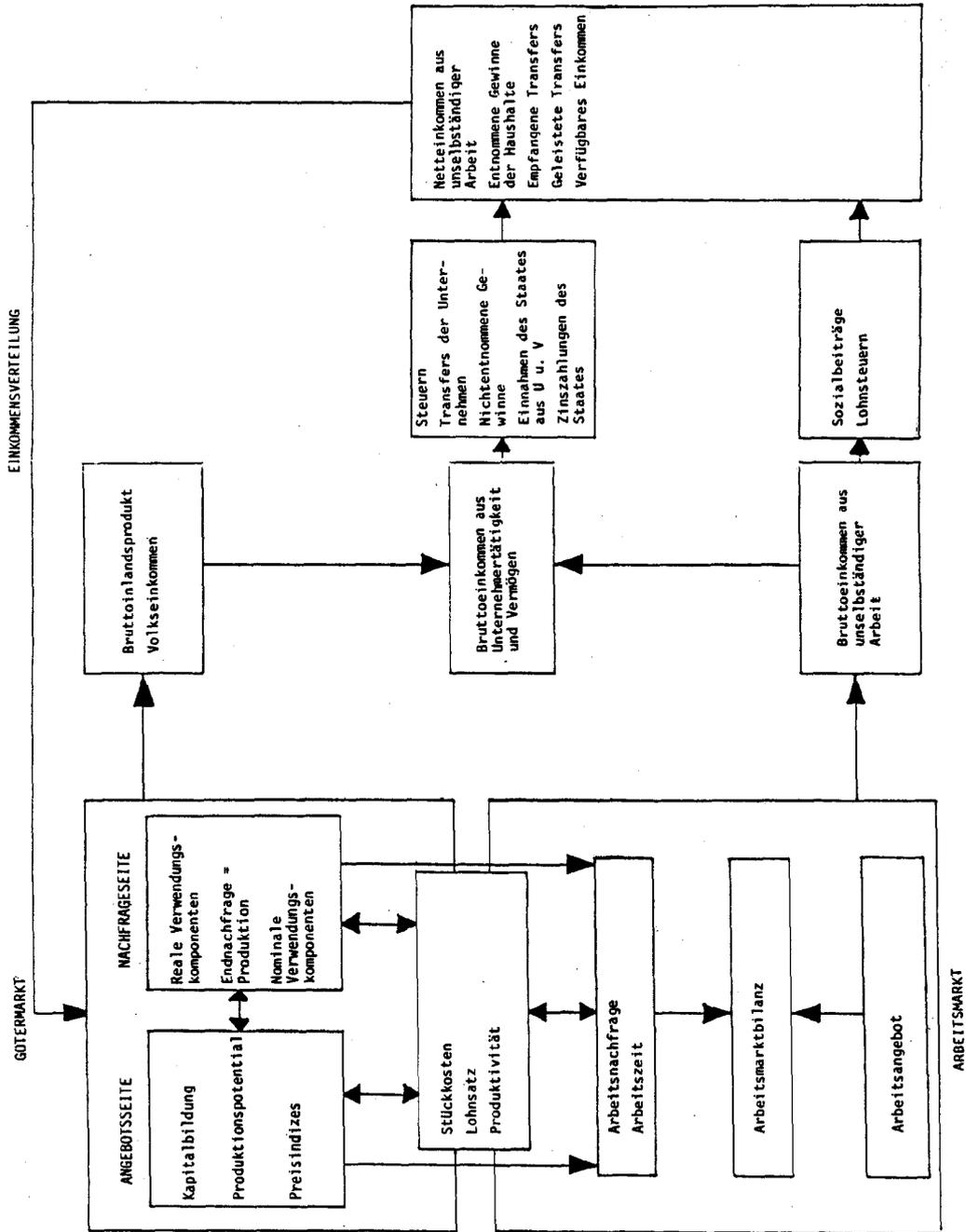
Die zentralen Bausteine des DIW-Langfrist-Modells auf der Nachfrageseite des Gütermarktes sind die Konsum- und die Investitionsfunktion. Zur Angebotsseite gehören die Gleichungen, die die entsprechenden Preisindizes

zukünftigen Wachstums- und Beschäftigungspolitik? In: Beihefte der Konjunkturpolitik, Heft 27 (1980). — J. Blazejczak, D. Teichmann, R. Zwiener, Simulation alternativer Wachstumsstrategien mit ökonomischen Modellen. In: Beihefte der Konjunkturpolitik, Heft 27 (1980). — J. Blazejczak, Das DIW-Programm als Beispiel beschäftigungssichernder Finanzpolitik — Eine ökonomische Analyse. In: C. Schäfer, H. Tofaute (Hrsg.), Beschäftigungssichernde Finanzpolitik. Eine Chance für Vollbeschäftigung, Frankfurt, 1981. — H. Birg, J. Blazejczak, B. Görzig, W. Kirner, W. Müller, F. Stille, Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf Struktur und Niveau der Gesamtnachfrage, Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft, Berlin 1981 (als Manuskript vervielfältigt). — Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.), Der Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland und seine Deckung bis zum Jahre 1995, Essen 1981. — H.-J. Krupp, The role of public employment in an integrated mid-term programme for the recovery of full-employment in the Federal Republic of Germany. In: Vierteljahrshäfte zur Wirtschaftsforschung, Heft 1-81.

⁸ Eine Reihe von exogenen Variablen sind Steuerungsvariablen, sie dienen dazu, alternative Politiksimulationen bequem durchführen zu können.

Schaubild 3.1

Eine Übersicht über die Berliner Version des Bonner Modells



erklären, sowie der Kapitalbildungsprozeß und die Bestimmung des Produktionspotentials. Von besonderer Bedeutung innerhalb des güterwirtschaftlichen Teils des Modells ist schließlich der Außenhandelsteil.

Der Ansatz zur Bestimmung des realen privaten Verbrauchs entspricht der üblichen Vorgehensweise. Die nachkeynesianischen Untersuchungen zum Konsumverhalten — besonders Friedmans Theorie⁹ — haben zu Formulierungen der Konsumfunktion geführt, bei denen die Verbrauchsausgaben nicht nur vom Einkommen des jeweiligen Jahres, sondern auch vom Einkommen früherer Jahre beeinflusst werden. Dabei kann man annehmen, daß ihr Einfluß mit zunehmendem Abstand von der Gegenwart sinkt. Werden vereinfachend geometrisch abnehmende Gewichte unterstellt, kommt man zu einer Formulierung, die neben der Einkommensvariablen des laufenden Jahres den Konsum des Vorjahres als erklärende Variable enthält. Eine reale Einkommensvariable wird ermittelt, indem das verfügbare Einkommen mit dem Preisindex des privaten Verbrauchs deflationiert wird. Die geschätzte kurzfristige marginale Konsumneigung beträgt 0,58, die langfristige 0,87.

Die privaten Bruttoanlageinvestitionen sind ein Aggregat, das sich aus sehr unterschiedlichen Größen zusammensetzt. Sie umfassen Ausrüstungs- und Bauinvestitionen, darunter auch die Wohnbauten. Diese Teilaggregate unterscheiden sich nicht nur in ihrem ökonomischen Charakter, sie unterliegen auch unterschiedlichen institutionellen Bedingungen. Diesem Umstand wurde im Modell dadurch Rechnung getragen, daß die Wohnungsbauinvestitionen aus diesem Aggregat herausgelöst und exogen vorgegeben wurden.

Für die Anlageinvestitionen des um den Wohnungsbau reduzierten privaten Bereichs kann man davon ausgehen, daß es einige Größen gibt, die alle Teilaggregate gleichermaßen beeinflussen oder die spezifischen Einflußfaktoren annähernd abbilden. Die Ergebnisse auf aggregierter Ebene behalten somit ihre Aussagefähigkeit, unbeschadet einer ohne Zweifel wünschbaren weiteren Disaggregation dieser Größe. Die Formulierung der Investitionsfunktion beruht — wie die des Bonner Modells⁹ — auf Arbeiten von Coen¹¹, der den Ansatz von Jorgenson¹² weiterentwickelt hat¹³.

Die Elemente der Investitionsfunktion sind:

- eine Anpassungshypothese, nach der die Nettoinvestitionen die Lücke zwischen gewünschtem und tatsächlich vorhandenem Kapitalstock ganz oder zum Teil schließen;
- die Bestimmung des gewünschten Kapitalstocks aufgrund relativer Preise und der erwarteten Produktion;
- die Hypothese, daß die Anpassungsgeschwindigkeit des tatsächlichen an den gewünschten Kapitalstock vom Verhältnis der Eigenmittel zum geplanten Investitionsvolumen abhängt.

Als Investitionsfunktion ergibt sich:

$$I_t = a_1 (1 - RS_t) I_{t-1} + a_2 (CF_{t-1} - (1 - RS_t) CF_{t-2}) + a_3 \left(\frac{UC_t}{WR'P_t} - (1 - RS_t) \frac{UC_{t-1}}{WR'P_{t-1}} \right) + a_4 (Y'P_t - (1 - RS_t) Y'P_{t-1}) + a_5 \cdot RS_t + \epsilon_t$$

Dabei bezeichnen:

- I_t die Bruttoanlageinvestitionen,
- RS_t die Abgangsrate,
- CF_t den Cash Flow,
- UC_t den impliziten Mietpreis für Kapital (user costs of capital),
- $WR'P_t$ den Nominallohnsatz und
- $Y'P_t$ die Produktion.

t ist ein Zeitindex, die a_i sind die zu schätzenden Koeffizienten und ϵ_t ein stochastischer Störterm. Die Abgangsrate, das Verhältnis der Abgänge zum Bruttoanlagevermögen, hängt im wesentlichen von der Altersstruktur des Kapitalstocks ab, die sich im Zeitablauf ändert. Durch die Einbindung der Ergebnisse der Anlagevermögensrechnung des DIW in die Berliner Version war es möglich, diesen Einfluß auf die Abgangsrate zu berücksichtigen.

⁹ Siehe M. Friedman: A Theory of the Consumption Function. Princeton, 1957.

¹⁰ Siehe W. Krelle, R. Pauly: Konsum und Investitionen ..., a.a.O., S. 171 ff.

¹¹ Siehe R.M. Coen: Effects of Tax Policy on Investment in Manufacturing. In: The American Economic Review, Papers and Proceedings, Vol. LVIII, No. 2, 1968, pp. 200–211 und R.M. Coen: The Effect of Cash Flow on the Speed of Adjustment. In: G. Fromm, ed.: Tax Incentives and Capital Spending. Amsterdam, London, 1971, pp. 131–196.

¹² Siehe D.W. Jorgenson: Capital Theory and Investment Behavior. In: The American Economic Review, Vol. 53, No. 2, 1963, pp. 247–259 und D.W. Jorgenson: Anticipations and Investment Behavior. In: J.S. Duesenberry, G. Fromm, L.R. Klein, E. Kuh, eds.: The Brookings Quarterly Econometric Model of the United States. Chicago, 1965.

¹³ Vgl. W. Krelle: Investitionsfunktionen. In: Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft, Bd. 4, 1978, S. 275–293.

Die Eigenmittel bestehen aus den Abschreibungen des privaten Bereichs, den nichtentnommenen Gewinnen und den Vermögensübertragungen von den Gebietskörperschaften an die Unternehmen. Sie werden mit dem Preisindex der Anlageinvestitionen deflationiert.

Für den impliziten Mietpreis für Kapitalgüter wurde die einfache Formulierung aus der Version 9 erweitert¹⁴. Sie berücksichtigt neben dem Preisindex der Anlageinvestitionen die Abgangsrate, die Emissionsrendite festverzinslicher Wertpapiere als repräsentativen Zinssatz und den Steuersatz auf einbehaltene Gewinne (einschließlich Ergänzungsabgabe und Konjunkturzuschlag). Außerdem geht in die Berechnung der Nutzungskosten der Gegenwartswert steuerlicher Abschreibungen ein, der unter der Annahme errechnet wird, daß die steuerliche Nutzungsdauer die Hälfte der ökonomischen Lebenserwartung beträgt¹⁵. Darüber hinaus bietet die Formulierung der Gleichung für die Nutzungskosten die Möglichkeit, steuerfreie Investitionszuschüsse, Investitionsprämien und -steuern und Sonderabschreibungen zu berücksichtigen.

Die wichtigsten Preisindizes — für den privaten Verbrauch und die Anlageinvestitionen des privaten Bereichs (ohne Wohnungsbau) — werden aufgrund von Hypothesen erklärt, die aus einem Aufschlagmodell¹⁶ abgeleitet sind¹⁷. Die übrigen Preisindizes können dann in Abhängigkeit von diesen Preisindizes erklärt werden. Für die aggregierten Größen ergeben sich die impliziten Preisindizes aus den nominalen und realen Strömen.

In Aufschlagmodellen werden die Preise als Aufschlag auf die Stückkosten ermittelt. Die Stückkosten umfassen im vorliegenden Modell neben den Lohnstückkosten als wichtigster Größe auch noch die auf das reale Bruttoinlandsprodukt bezogenen Importe sowie die indirekten Steuern des privaten Bereichs. Die Aufschlagsätze variieren mindestens in den polypolistischen Bereichen mit der Nachfrage, deswegen ist gesamtwirtschaftlich mit einem signifikanten Einfluß des Auslastungsgrades des Produktionspotentials zu rechnen. Um Anpassungsverzögerungen zu berücksichtigen, wird ein Partialanpassungsmodell formuliert. Danach ist die Änderung der abhängigen Variablen gegenüber der Vorperiode proportional zur Differenz zwischen dem jetzt gewünschten und dem in der Vorperiode realisierten Wert.

Die genannten Hypothesen führen zu Formulierungen der Gleichungen für die Preisindizes des privaten Verbrauchs und der Anlageinvestitionen der Unternehmen ohne Wohnungsvermietung, die als erklärende Variablen die Stückkosten, den Auslastungsgrad und die verzögerte abhängige Variable enthalten. Bei der Schätzung erwiesen sich in der Funktion für den Preisindex des privaten Verbrauchs der Auslastungsgrad und in der Funktion für den Preisindex der Investitionen des privaten Bereichs die verzögerte abhängige Variable als nicht signifikant, sie wurden deshalb jeweils aus den Gleichungen ausgeschlossen.

Produktionspotential und Auslastungsgrad werden nur für die Unternehmen ohne Wohnungsvermietung berechnet. Dazu wird ein Anfangsbestand des Produktionspotentials, der aus der sektoralen Potentialrechnung des DIW stammt, mit den Zugängen und Abgängen an Produktionspotential fortgeschrieben. Die Zugänge ergeben sich aus den neuen Anlagen und ihren marginalen Kapitalkoeffizienten. Der marginale Kapitalkoeffizient der Zugänge wird so bestimmt, daß der Auslastungsgrad bei Abweichungen von seinem Normalwert nach oben oder unten nach einigen Perioden wieder den Normalwert erreicht¹⁸. Die Abgänge vom Produktionspotential werden analog dazu aus den Abgängen vom Kapitalstock und dem Kapitalkoeffizienten der Abgänge ermittelt, dabei wird angenommen, daß der Kapitalkoeffizient der Abgänge ungefähr das Doppelte des durchschnittlichen Kapitalkoeffizienten beträgt.

Ausfuhr und Einfuhr werden nach Waren und Dienstleistungen disaggregiert. Bei der Wareneinfuhr wird außerdem nach Mineralöl und Waren ohne Öl unterschieden. Um den Übergang zwischen Inländer- und Inlands-konzept herstellen zu können, werden darüber hinaus die Einkommensströme zwischen In- und Ausland dargestellt.

Die Höhe der realen Warenexporte hängt von den Bedingungen auf dem Weltmarkt ab. Die Welthandelsaktivitäten in realen Terms können durch den Volumenindex der Weltexporte charakterisiert werden. Eine endogene Bestimmung dieser Variablen ist in einem Modell, das sich auf eine Volkswirtschaft beschränkt, nicht möglich. Deswegen muß eine plausible Entwicklung exogen vorgegeben werden.

¹⁴ Siehe H. König: Neoklassische Investitionstheorie und Investitionsverhalten in der Bundesrepublik Deutschland. In: Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik, Bd. 190, 1976, S. 316–348.

¹⁵ Eine ausführliche Darstellung findet sich in J. Blazejczak: Schätzung von Faktornachfragefunktionen. In: Materialband 1 zur Strukturberichterstattung 1980 des DIW, S. 173 ff.

¹⁶ Siehe dazu O. Eckstein, G. Fromm: The Price Equation. In: The American Economic Review, Vol. 53, No. 5, 1968, pp. 1159–1183 und O. Eckstein, ed.: The Econometrics of Price Determination. Washington D.C., 1972.

¹⁷ Vgl. L.R. Klein: The Supply Side. In: The American Economic Review, Vol. 68, No. 1, 1978, pp. 1–7.

¹⁸ Dies kann als eine Annahme über die Art des technischen Fortschritts angesehen werden.

Daneben werden die Warenexporte durch das Preisverhältnis zwischen den Käuferländern und der Bundesrepublik beeinflußt. Dieser Einfluß wird durch einen Zweijahresdurchschnitt des Quotienten aus dem Durchschnittswertindex der Weltexporte, der mit dem DM/Dollar-Wechselkurs auf DM-Basis umgerechnet wird, und dem Preisindex für Warenexporte repräsentiert.

Zu den Dienstleistungsexporten zählen sowohl warenbezogene Dienstleistungen — z.B. die Handelsspanne im Transithandel — als auch von Warenexporten unabhängige Größen wie die Reiseausgaben der Ausländer im Inland. Im Modell werden die Dienstleistungsexporte zu laufenden Preisen durch die Warenexporte zu laufenden Preisen erklärt, dabei werden Anpassungsverzögerungen berücksichtigt.

Der Erklärungsfunktion für die realen Warenimporte ohne Öl liegt die Vorstellung zugrunde, daß sich die Warenimporte überwiegend komplementär zu den Endnachfragekomponenten mit erheblichem direkten und indirekten Importanteil — Privater Verbrauch, Anlageinvestitionen der Unternehmen ohne Wohnungsvermietung und Warenexporte — entwickeln. Allerdings sind ihre Importelastizitäten unterschiedlich. Aus der Entwicklung in der Vergangenheit wurde für die realen Warenexporte eine Elastizität in bezug auf die realen Warenimporte von 0,3, für den privaten Verbrauch und die realen Anlageinvestitionen der Unternehmen ohne Wohnungsvermietung eine gemeinsame Elastizität von 1,5 ermittelt. Die zukünftige Entwicklung der realen Ölimporte wird aufgrund der Ergebnisse von Strukturuntersuchungen wie der Energieprognose der wirtschaftswissenschaftlichen Forschungsinstitute exogen vorgegeben.

Gewichtigste Komponente der Dienstleistungsimporte sind die Reiseausgaben von Inländern im Ausland. Es kann angenommen werden, daß sie von denselben Einflußgrößen abhängen wie der Private Verbrauch. Das führt dazu, die realen Dienstleistungsimporte durch den realen privaten Verbrauch zu erklären.

Der Preisindex der Warenexporte wird in Abhängigkeit von der Kostenentwicklung der Produzenten, repräsentiert durch die Stückkosten, und die Möglichkeiten der Preisgestaltung auf den Weltmärkten, charakterisiert durch die Weltexportpreise in DM, erklärt. Über Preisstrukturgleichungen werden die Preisindizes der Dienstleistungsausfuhr und der Einkommensübertragungen ins Ausland in Abhängigkeit von anderen Ausführpreisindizes erklärt.

Die Preisentwicklung auf den Weltmärkten und der Wechselkurs bestimmen die Preise der Warenimporte ohne Öl. Diese Einflüsse werden durch den Durchschnittswertindex der Weltexporte auf Dollar-Basis, der mit dem DM/Dollar-Wechselkurs auf DM umgerechnet wird, dargestellt. Daneben berücksichtigt die verzögerte abhängige Variable Anpassungsverzögerungen.

Der Preisindex der Ölimporte wird im Modell aus dem allgemeinen Preisanstieg auf den Weltmärkten und dem exogen ermittelten darüber hinausgehenden realen Ölpreisanstieg ermittelt. Der Preisindex der Dienstleistungseinfuhren wird in einer Preisstrukturgleichung mit dem des privaten Verbrauchs, der der Einkommensübertragungen aus dem Ausland mit dem der Dienstleistungseinfuhren verknüpft. Die Bestimmungsgleichungen für die Arbeitskoeffizienten basieren auf produktionstheoretischen Ansätzen, wie sie Krelle entwickelt hat¹⁹. Ausgangspunkt ist eine CES-Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen, gleichmäßig faktorvervielfachendem technischen Fortschritt und einer Substitutionselastizität von 0,5. Durch Umformen erhält man eine nichtlineare Funktion, die den Arbeitskoeffizienten der Angestellten in Abhängigkeit von der Arbeitsintensität und einem Zeitrend erklärt. Zur Schätzung dieser in den Koeffizienten nichtlinearen Gleichung wurde ein von Eisner und Pindyck entwickeltes Linearisierungsverfahren benutzt²⁰.

Für den Arbeitskoeffizienten der Arbeiter wurde eine vereinfachte logarithmisch lineare Schätzfunktion mit der Arbeitsintensität und einem Zeitrend als erklärende Variable herangezogen.

Die Sozialbeiträge aus den Einkommen aus unselbständiger Arbeit setzen sich aus Zahlungen an die

- Rentenversicherung der Arbeiter und Angestellten,
- Arbeitslosenversicherung,
- gesetzliche Krankenversicherung,
- gesetzliche Unfallversicherung,
- fiktiven Pensionsfonds für Beamte und
- an restliche Organisationen des Sozialversicherungssystems, darunter die knappschaftliche Rentenversicherung und die Zusatzversicherung im öffentlichen Dienst

¹⁹ Siehe W. Krelle, D. Beckerhoff, H.G. Langer, H. Fuss: Ein Prognosesystem für die wirtschaftliche Entwicklung der Bundesrepublik Deutschland. Meisenheim am Glan, 1969.

²⁰ Siehe M. Eisner, R.S. Pindyck: A Generalized Approach to Estimation as Implemented in the TROLL/1 System. In: Annals of Economic and Social Measurement, Vol. 2, No. 1 (1973), pp. 29–51.

zusammen. Bei der Erklärung dieser Größen ist versucht worden, die jeweiligen institutionellen Regelungen, wenn auch grob, nachzubilden.

Die Beiträge zur Rentenversicherung der Arbeiter und der Angestellten und zur Arbeitslosenversicherung sind durch Schätzgleichungen über die exogen gegebenen Beitragssätze mit der Lohnentwicklung im privaten Bereich verknüpft. Bei Anwendungen des Modells für Prognosen wird in einem iterativen Verfahren der Beitragssatz so festgelegt, daß der Saldo zwischen Einnahmen und Ausgaben der Rentenversicherung nicht über längere Zeit größere positive oder negative Werte annimmt. Der Schätzgleichung für die Beiträge zur gesetzlichen Krankenversicherung liegt die Hypothese zugrunde, daß die Beiträge an die Entwicklung der Ausgaben angepaßt werden. Den weitaus größten Teil dieser Ausgaben machen die Sachausgaben aus, die sich weitgehend mit der Position „Käufe von Gütern und Dienstleistungen durch die Sozialversicherung“ decken. Diese werden als erklärende Variable herangezogen.

Für die Beiträge der gesetzlichen Unfallversicherung wird aus der Vergangenheit ein durchschnittlicher Beitragssatz von 1,3 vH der Bruttoeinkommen aus unselbständiger Arbeit abzüglich der Arbeitgeberbeiträge zur Sozialversicherung als Regressionskoeffizient ermittelt, dieser wird für die Prognoseperiode beibehalten. Die Beiträge zu fiktiven Pensionsfonds für Beamte werden durch einen fiktiven Beitragssatz und die Lohnsumme im staatlichen Bereich in Anlehnung an die Methode des Statistischen Bundesamtes berechnet. Die Beiträge zu den restlichen Organisationen werden zusammengefaßt und mit den Bruttoeinkommen aus unselbständiger Arbeit ohne die Arbeitgeberbeiträge erklärt. Die Geldleistungen an inländische private Haushalte machen den wichtigsten Ausgabeposten der Sozialversicherung aus. Sie sind nach der Renten-, der Kranken-, der Unfall- und der Arbeitslosenversicherung und nach öffentlichen Pensionen gegliedert.

Zur Bestimmung der Geldleistungen der Rentenversicherung wird von ihrem Vorjahreswert ausgegangen. Änderungen der Leistungen gegenüber dem Vorjahr ergeben sich aufgrund der Entwicklung der Zahl der Anspruchsberechtigten einerseits und dem Rentenanpassungssatz andererseits. Der Rentenanpassungssatz wird — entsprechend der Rentenformel — als Veränderung der Dreijahresdurchschnitte des Bruttojahresentgelts der Versicherten der Rentenversicherung der Arbeiter und Angestellten ohne Lehrlinge berechnet.

Die Zahl der Rentenfälle wird exogen vorgegeben. Analog wird für die öffentlichen Pensionen vorgegangen, die Zahl der Pensionsberechtigten wird aus der Entwicklung der Zahl der Beamten abgeleitet.

Die Geldleistungen der gesetzlichen Krankenversicherung stehen in engem Zusammenhang mit den Sachausgaben für das Gesundheitswesen. Als erklärende Variable werden deshalb die preisbereinigten Ausgaben für Verbrauchsgüter und Dienstleistungen der Sozialversicherungen ausgewählt, die geschätzte Elastizität beträgt 0,8.

Zur Bestimmung der Leistungen der Arbeitslosenversicherung wird mit dem durchschnittlichen Nettoeinkommen der abhängig Beschäftigten ein hypothetisches Einkommen der Arbeitslosen ermittelt. Ein geschätzter Koeffizient gibt an, daß im Durchschnitt ein Anteil von ca. 60 vH dieses hypothetischen Einkommens geleistet wird. Für die übrigen sozialen Leistungen, die in ihrer Höhe weniger bedeutend sind, wurden einfachere Schätzansätze gewählt.

3.2 Das Kern-Modell der regionalen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose

3.2.1 Zur Wahl des Modelltyps

Die Variablen zur Messung des regionalen Bevölkerungsbestandes, des regionalen Erwerbspotentials und der Veränderungskomponenten dieser Größen stellen zusammen mit den Variablen, die zur Messung des Arbeitsplatzbestandes und seiner Veränderungen benötigt werden, eine besondere Variablengruppe dar, denn durch diese Gruppe werden zahlreiche andere Größen, beispielsweise die Zahl der Haushalte, das Bruttoinlandsprodukt und die meisten spezifischen Leitdaten für den Personen- und Güterverkehr stark beeinflusst; die unbestreitbar vorhandenen Rückwirkungen auf diese Variablen sind dagegen weniger intensiv als die von ihnen ausgeübten Primärwirkungen.

Im ersten Teil dieser Studie wurden zwei prinzipiell verschiedene Wege aufgezeigt, um diese wichtige Variablengruppe zu prognostizieren: der Ansatz der querschnitts-dynamischen Modelle und der Ansatz der diachronisch-dynamischen Modelle. Beide Modelltypen haben spezifische Vor- und Nachteile. Um zu einem Votum über den einzuschlagenden Weg zu gelangen, müssen die spezifischen Charakteristika der Modelle im Hinblick auf ihre Bedeutung für den intendierten Zweck des Gesamtvorhabens bewertet werden.

Nach Abwägung der verschiedenen in Abschnitt 1.1.2 erörterten Bewertungsgrundsätze muß dem Modelltyp der querschnitts-dynamischen Modelle der Vorzug gegeben werden. Das in Abschnitt 1.3.1 dargestellte Komponentenmodell gehört zu dieser Modellgruppe. Es zeichnet sich gegenüber dem in Abschnitt 1.3.2 dargestellten diachronisch-dynamischen Modell durch folgende Vorteile aus:

- (1) Das Modell enthält eine quantitative, handlungsorientierte Zielfunktion und erlaubt (in einer entsprechend verfeinerten Version) eine explizite Berücksichtigung von Instrumentvariablen.
- (2) Die Zusammenhänge zwischen den Variablen werden in Wirkungsbeziehungen abgebildet, aber darüber hinaus lassen sich auch bestimmte Eckwerte auf nationaler und/oder regionaler Ebene bzw. bestimmte normative Werte für die Variablen vorgeben (maximal zulässige Arbeitslosenquoten, maximal zulässige Abwanderungssalden u.ä.). Durch eine weitere Gruppe von Beziehungen werden logische bzw. definitorische Zusammenhänge berücksichtigt, durch die die Widerspruchsfreiheit der Annahmen gewährleistet wird.
- (3) Durch die Einbettung aller im Modell enthaltenen Beziehungen in den Ansatz der linearen Programmierung können — bei gleicher Zahl von Variablen — insgesamt wesentlich mehr Beziehungen zwischen den Variablen berücksichtigt werden als in diachronisch-dynamischen Modellen vom ökonometrischen Typ. Dies ist eine wesentliche Voraussetzung zur Erhöhung der Treffsicherheit der Vorausberechnungen; darüber hinaus eröffnet das Verfahren auch die Möglichkeit, das Prinzip der Transparenz bei der Ableitung der Modellergebnisse besser als in den bisher angewandten Modellen zu berücksichtigen.

Gegenüber diesen Vorteilen weist der Typ der diachronisch-dynamischen Modelle den Vorzug auf, für jeden beliebigen zeitlichen Zwischenabschnitt innerhalb des Prognosezeitraums Zwischenergebnisse zu liefern. Da aber auch bei jedem querschnitts-dynamischen Modell die gesamte Prognoseperiode in beliebig viele Zwischenperioden unterteilt werden kann, läßt sich ein querschnitt-dynamisches Modell dem diachronisch-dynamischen Typ beliebig nahe annähern. Insgesamt läßt sich sagen, daß sich mit einem querschnitts-dynamischen Modell auch die Vorzüge eines diachronisch-dynamischen Modells realisieren lassen, aber nicht umgekehrt.

3.2.2 Die Grundstruktur des Modells

(a) Die Arbeitsmarktbilanzgleichung als Rahmenbeziehung

Die Kern-Variablen des Modells — Bevölkerungsbestand, Erwerbspotential und Arbeitsplätze — werden in einer zentralen definitorischen Bilanzgleichung zueinander in Beziehung gesetzt. Als Bilanzgleichung wird die Arbeitsmarktbilanz des Prognosejahres gewählt (zu den Einzelheiten vgl. Abschnitt 1.3.1):

$$(3.1) \quad AL^r(t_2) = \xi_{BN}^r(t_2)BN^r(t_2) + \eta_{ZB}^r ZB^r(K) + \eta_{ZA}^r ZA^r(K) - \eta_{FB}^r FB^r(K) - \eta_{FA}^r FA^r(K) + PS^r(t_2) - A^r(t_2)$$

für alle $r = 1, \dots, R$

In Worten: Die Zahl der Arbeitslosen AL^r in der Region r im Prognosejahr t_2 ist gleich der Differenz zwischen der Nachfrage und dem Angebot an Arbeitsplätzen in der Region. Die Nachfrage nach Arbeitsplätzen wird in folgende Komponenten zerlegt:

- (1) Natürliche Bevölkerungsentwicklung. Der Anfangsbestand wird mit einem alters- und geschlechtsspezifischen Fortschreibungsmodell fortgeschrieben, und zwar *außerhalb* des eigentlichen Kern-Modells. Dies hat den nicht zu überschätzenden Vorteil, daß zur Fortschreibung ein differenziertes Verfahren gewählt werden kann, weil der entsprechende Aufwand an Speicherkapazität und Rechenzeit die Berechnungen innerhalb des Kern-Modells nicht belastet.

So kann aus dem nach einzelnen Altersjahren und Geschlecht untergliederten Bevölkerungsbestand $B^r(t_1)$ des Basisjahres t_1 die zentrale Variable $BN^r(t_2)$ durch Anwendung alters-, geschlechts- und regionsspezifischer Sterbeziffern²¹ und durch alters- und regionsspezifische Geburtenziffern für jedes Kalenderjahr zwischen t_1 und t_2 vorausgeschätzt werden. Das entsprechende Verfahren ist erprobt und wurde auch im DIW mehrfach angewandt, beispielsweise bei einer Bevölkerungsprognose für die 343 Stadt- und Landkreise²².

²¹ Entgegen der allgemeinen Auffassung haben neuere Untersuchungen ergeben, daß die interregionalen Unterschiede der Sterblichkeit erheblich sind. Vgl. H.-P. Gatzweiler u. G. Stiens: Regionale Mortalitätsunterschiede in der BRD. In: Jahrbuch für Regionalwissenschaft, Nr. 3, 1982. H. Birg: Regionale Mortalitätsunterschiede in der BRD — Ein Problemaufriß. In: Materialien des Instituts für Bevölkerungsforschung und Sozialpolitik, Nr. 4, Universität Bielefeld, 1982.

²² H. Birg: Berechnungen zur langfristigen Bevölkerungsentwicklung in den 343 kreisfreien Städten und Landkreisen der BRD. In: Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung, Heft 2, 1980.

(2) Neben der natürlichen Bevölkerungsentwicklung bilden die Wanderungen die zweite große Quelle der Arbeitsplatznachfrage: Zuzüge aus anderen Regionen (ZB^t) bzw. aus dem Ausland (ZA^t) und Fortzüge in andere Regionen (FB^t) bzw. ins Ausland (FA^t) bestimmen die Bevölkerungszahl und -struktur nachhaltiger als die Geburten und Sterbefälle. Der Effekt der verschiedenen Wanderungsströme auf die Nachfrage nach Arbeitsplätzen kommt in den „Netto-Erwerbsquoten“ zum Ausdruck, mit denen diese Ströme in der Arbeitsmarktbilanz multipliziert werden.

Bei den Wanderungsvariablen wird durch die in Klammern gestellte Größe K ausgedrückt, daß es sich um Größen handelt, die über die einzelnen Prognosejahre summiert bzw. „kumuliert“ wurden, so wie es dem querschnitts-dynamischen Ansatz entspricht²³:

$$(3.2) \quad ZB^t(K) = \sum_{t=t_1}^{t_2-1} ZB^t(t)$$

$$FA^t(K) = \sum_{t=t_1}^{t_2-1} FA^t(t)$$

(3) Die dritte Komponente der Arbeitsplatznachfrage bilden die Ein- und Auspendler. Um die Zahl der Variablen so klein wie möglich zu halten, werden Ein- und Auspendlerströme in der Variablen Pendlersaldo, $PS^t(t_2)$, zusammengefaßt: $PS^t = \text{Einpendler abzüglich Auspendler}$.

Auf die Bestimmung des *Arbeitsplatzangebots* im Prognosejahr wurde bei der Darstellung des querschnitts-dynamischen Modells in Abschnitt 1.3.1 bereits eingegangen. Der dafür verwendete Ansatz der Shift-Analyse hat sich in der Praxis bewährt, aber aus theoretischer Sicht ist dieser Ansatz wenig befriedigend. Bei der Darstellung der Grundbeziehungen des vorgeschlagenen Modells im folgenden Abschnitt wird ein alternativer Ansatz diskutiert, der den bisherigen Ansatz ergänzen bzw. ersetzen könnte.

Der wichtigste Zweck des Modells, nämlich für die in der Arbeitsmarktbilanzgleichung zusammengefaßten Variablen Lösungswerte zu ermitteln, läßt sich nur erreichen, wenn die einzelnen Bedingungen, denen die Lösung genügen muß, genau spezifiziert werden. Diese Bedingungen lassen sich wie folgt in Gruppen zusammenfassen:

Gruppe 1:

Empirische Zusammenhänge zwischen den zu bestimmenden Variablen, die sich aufgrund ihrer zeitlichen Stabilität auf die Zukunft übertragen lassen.

Gruppe 2:

Logische und definitorische Zusammenhänge zwischen den Variablen, die stets erfüllt sein müssen.

Gruppe 3:

Normative Vorgaben für bestimmte Variablen, die gesetzt werden, um die Ziele der Politik zu berücksichtigen, soweit ihre Realisierung wahrscheinlich ist.

Gruppe 4:

Eckwerte auf nationaler Ebene, die beispielsweise aus ökonometrischen Modellen für die Bundesrepublik übernommen werden können.

Eine weitere Beziehung ist die Arbeitsmarktbilanz selbst. Sie dient als Zielfunktion des Modells. Die gestellte Aufgabe läßt sich an Hand dieser Begriffe wie folgt definieren: Bestimme die Werte der Variablen so, daß

- keine der Beziehungen zwischen den Variablen verletzt wird und
- darüber hinaus die Summe der regionalen Arbeitsmarktungleichgewichte so klein wie möglich ist.

Da es nicht Aufgabe dieser Studie sein konnte, sämtliche in Betracht kommenden Beziehungen, die bei der Entwicklung und empirischen Füllung eines neuen Modells zu spezifizieren wären, hier aufzuführen, soll im folgenden lediglich auf solche Zusammenhänge zwischen den Variablen eingegangen werden, die aus der Sicht der bisher vorliegenden Erfahrungen von zentraler Bedeutung sind.

²³ Zur Berechnung des Bevölkerungsbestandes am *Anfang* des Jahres t_2 spielen die Wanderungen des Jahres t_2-1 , nicht mehr die Wanderungen des Jahres t_2 eine Rolle. Daher wird in diesen Gleichungen bis t_2-1 summiert, nicht bis t_2 .

(b) *Wanderungsfunktionen*

Die Zusammenhänge zwischen den Wanderungen, der Veränderung der Arbeitsplatzzahl und dem Bevölkerungsbestand bilden die zentralen empirischen Wirkungsbeziehungen zwischen den Kernvariablen des Modells. Wegen ihrer Bedeutung für das Gesamtmodell sollen die Zusammenhänge hier in Gleichungsform dargestellt und graphisch veranschaulicht werden. Dabei wird auf den Zeitraum zwischen den beiden Volkszählungen von 1961 und 1970 abgestellt, für den Parameterschätzungen vorliegen²⁴.

Folgende vier Variablen bilden die Basis der Zusammenhänge:

exogene Größen:

$B^r(61)$ Bevölkerungsbestand im Jahr 1961 in Region r

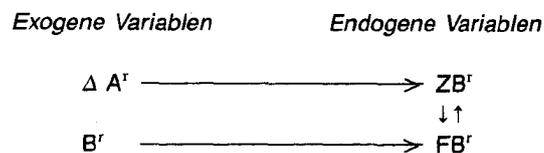
ΔA^r Zu- bzw. Abnahme der Arbeitsplatzzahl zwischen 1961 und 1970 in Region r

endogene Größen:

ZB^r Zahl der Zuzüge in Region r aus anderen Regionen zwischen 1961 und 1970

FB^r Zahl der Fortzüge aus Region r nach anderen Regionen zwischen 1961 und 1970

Die vermuteten und durch empirische Tests sehr gut bestätigten Zusammenhänge zwischen den beiden endogenen und exogenen Größen lassen sich durch folgenden Graphen darstellen:



Der Graph läßt sich in folgende beiden Wanderungsfunktionen übersetzen²⁵:

$$(3.3) \quad ZB^r = 17\,603 + 1,59 \cdot \Delta A^r + 0,95 \cdot FB^r + u^r$$

(5 444) (0,097) (0,018)

$$(3.4) \quad FB^r = 18\,601 + 0,19 \cdot B^r(61) + 0,40 \cdot ZB^r + u^r$$

(5 663) (0,013) (0,040)

Die beiden Funktionen haben ein Bestimmtheitsmaß von 0,98 bzw. 0,97. Die Wirksamkeit der in ihnen beschriebenen Zusammenhänge kann daher mit einiger Plausibilität auch für die Zukunft angenommen werden.

Inhaltlich lassen sich die beiden Funktionen wie folgt interpretieren: Nach Funktion (3.3) sind die kumulierten Zuzüge aus anderen Regionen um so größer, je größer die Veränderung der Zahl der Arbeitsplätze ist. Dieser Zusammenhang besagt, daß die Steigerung der Zahl der Arbeitsplätze auch Zuzüge bewirkt, die das Angebot an Arbeitskräften vergrößern. Herrscht in der Region Arbeitslosigkeit, so wirkt sich die Zunahme der Arbeitsplatzzahl in Folge der Zuzüge nicht voll in einer Verminderung der Arbeitslosenzahl aus. Die zweite erklärende Größe in dieser Funktion sind die Fortzüge. Der nahe an 1 liegende Koeffizient dieser Variablen macht deutlich, daß ein großer Teil des durch Fortzüge verminderten Arbeitskräftepotentials in der gleichen Periode wieder durch Zuzüge ausgeglichen wird. Dies bewirkt eine beständige Umbesetzung der Arbeitsplätze und eine äußerst hohe Rotation des Bevölkerungsbestandes²⁶. Die Rotation wird dadurch aufrechterhalten, daß durch die Fortzüge Arbeitsplätze und Wohnungen frei werden, wodurch ein immer neues Zuzugspotential aufgebaut wird.

Da Zu- und Fortzüge sehr hoch miteinander korreliert sind, können die Zuzüge nicht ohne die Fortzüge erklärt werden. Allein reichen die Fortzüge in Gleichung (3.3) jedoch nicht aus: Würde man die Variable ΔA^r eliminieren, so würde das Bestimmtheitsmaß deutlich sinken (von 0,98 auf 0,90).

Durch die hohe Korrelation zwischen Zu- und Fortzügen lassen sich beide Größen adäquat nur simultan erklären. Daher muß die Zuzugsfunktion (3.3) zusammen mit der Fortzugsfunktion (3.4) interpretiert werden. Dort sind die Fortzüge um so größer, je größer der Bevölkerungsbestand am Anfang der Periode und je größer die Zuzüge sind (Rotationseffekt). Die Fortzüge lassen sich mit einem hohen Bestimmtheitsmaß ($p^2 = 0,94$) allein als Funktion des Bevölkerungsbestandes darstellen. Nimmt man aber in Gleichung (3.4) die Zuzüge als zweite Erklärungsgröße hinzu, so steigt das Bestimmtheitsmaß signifikant von 0,94 auf 0,97.

²⁴ H. Birg: Zur Interdependenz ..., a.a.O., S. 162 f.

²⁵ OLS-Schätzung über den Querschnitt der 79 Regionen. Standardabweichung der Koeffizienten in Klammern. u^r ist das Störglied.

²⁶ Im Durchschnitt aller 79 Regionen ziehen 35 vH der in einer Region lebenden Einwohner innerhalb von 10 Jahren in eine andere Region. In den einzelnen Regionen erreicht dieser Satz oft noch wesentlich höhere Werte.

Entscheidend für die inhaltliche Interpretation der Funktionen sind die Werte der geschätzten Parameter. In *Schaubild 3.2* wurden beide Funktionen unter Verwendung der Parameter aus (3.3) und (3.4) graphisch dargestellt. Hierfür wurde die Funktion (3.3) nach FB' aufgelöst:

$$(3.5) \quad FB' = -18\,568,5 - 1,68\Delta A' + 1,06 ZB' + (1/0,948) u'$$

Das Schaubild läßt folgende Interpretation zu: Wenn ΔA bei gegebenem Bevölkerungsbestand steigt, sinkt das Absolutglied der Geraden in (3.5). Dadurch wandert in *Schaubild 3.2* der Schnittpunkt dieser Geraden mit der Geraden (3.4) von P_1 nach P_2 . Dies bedeutet, daß der Wanderungssaldo — der Abstand des Schnittpunktes von der 45°-Linie — größer wird. Ein negativer Saldo wird absolut gesehen kleiner, ein positiver Saldo größer. Mit anderen Worten: Der Wanderungssaldo ist unter sonst gleichen Umständen um so größer, je größer die Zunahme der Arbeitsplatzzahl ist.

Außerdem läßt sich folgendes schließen: Je größer der Bevölkerungsbestand in der Fortzugsfunktion (3.4) bei gegebener Arbeitsplatzveränderung ist, desto größer ist das Absolutglied der Geraden in (3.4) und desto weiter wandert der Schnittpunkt P auf der Geraden (3.5) nach rechts. Da die Steigung der Geraden (3.5) größer als 1 ist (nämlich 1,06) nimmt der Wanderungssaldo dabei zu. Diese Zunahme ist allerdings nicht groß, weil der Steigungsparameter nur wenig über 1 liegt. Mit anderen Worten: Mit der Bevölkerungszahl nehmen unter sonst gleichen Umständen (d.h. bei gegebener Arbeitsplatzveränderung) sowohl die Zuzüge zu als auch die Fortzüge, aber die Zunahme der Fortzüge ist — wenn auch nur geringfügig — größer als die der Zuzüge, mit der Folge, daß der Wanderungssaldo sinkt.

Werden sowohl die Bevölkerungszahl als auch die Arbeitsmarktveränderung variiert, so verändern sich die Absolutglieder beider Geraden. Ob der Wanderungssaldo dadurch größer oder kleiner wird, hängt von den relativen Veränderungen der beiden Größen ab. Da der Parameter der Arbeitsplatzveränderung ($-1,68$) absolut etwa 9mal größer ist als der Parameter des Bevölkerungsbestandes (0,19), wirkt sich eine Vergrößerung der Arbeitsplatzveränderung um x Arbeitsplätze etwa neunmal so stark auf den Wanderungssaldo aus wie eine Erhöhung der Einwohnerzahl um x Personen.

Die Tatsache, daß der Wanderungssaldo in Regionen mit einer gegebenen Arbeitsplatzveränderung um so kleiner ist, je größer die Einwohnerzahl der Regionen ist (Verschiebung von P_1 in *Schaubild 3.2* auf der Geraden (3.5)), läßt sich als ein *Trend zur großräumigen Dekonzentration der Bevölkerung* deuten, während in kleinräumiger Betrachtung, beispielsweise im Verhältnis von Ballungszentren zu deren Einzugsbereichen, gleichzeitig Konzentrationsprozesse ablaufen²⁷. Es scheint, daß diese Trends auch in Zukunft weiterwirken. Daher lassen sich die Funktionen (3.3) und (3.4) auf die Zukunft übertragen.

(c) Arbeitsplatzangebotsfunktionen

Um den bisher verwendeten Ansatz der Shift-Analyse zur Prognose der Zahl der Arbeitsplätze zu verfeinern bzw. durch einen neuen Ansatz zu ersetzen, wurden folgende zwei Typen von Hypothesen getestet, von denen der zweite empirisch bestätigt werden konnte:

Hypothese 1:

Der Standortfaktor einer bestimmten Region in einem bestimmten Sektor ist eine Funktion der Beschäftigtenstruktur der Region (Zahl der Beschäftigten = Zahl der besetzten Arbeitsplätze)²⁸.

Hypothese 2:

Die Beschäftigtenzahl (= Zahl der besetzten Arbeitsplätze) in einer bestimmten Region in einem bestimmten Sektor ist eine Funktion der Beschäftigtenstruktur der Region.

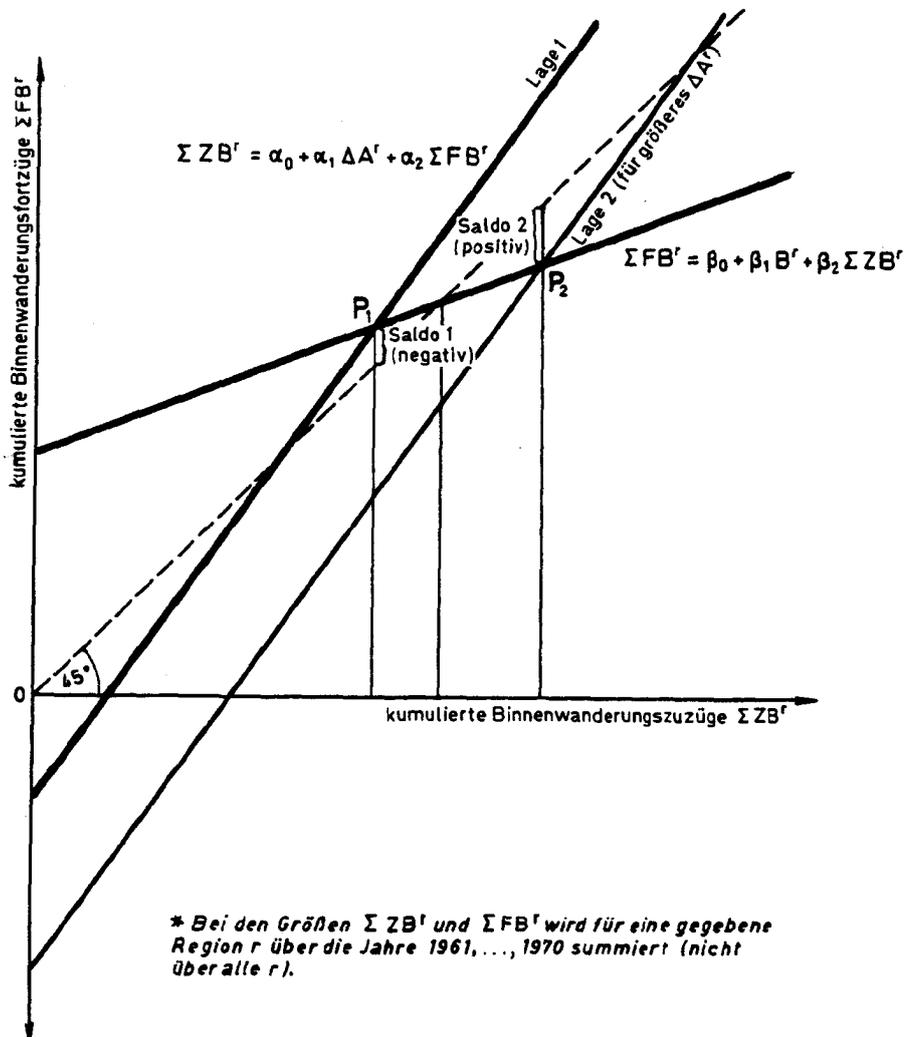
Zum Test der Hypothesen wurden die im DIW erarbeiteten Daten über die Zahl der Arbeitsplätze in den 178 Arbeitsmarktregionen für 1970 und 1978 verwendet. Das Material lag in einer Untergliederung nach 18 Sektoren vor (vgl. Tabellen 3.1 und 3.2). Statistische Basis für die Erarbeitung der Beschäftigtenstatistik war die neue Beschäftigtenstatistik, die mit verschiedenen anderen Statistiken (Arbeitsstättenzählung, Mikrozensus, Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung) kompatibel gemacht wurde²⁹.

²⁷ Im Gegensatz zu den hier betrachteten Binnenwanderungen wirken die Außenwanderungen in Richtung auf eine Konzentration der Bevölkerung auf die Ballungszentren. Vgl. H. Birg: Zur Interdependenz ..., a.a.O., S. 109.

²⁸ Zur Definition des Begriffs Standortfaktor vgl. Abschnitt 1.3.1, Gleichung (1.2.15).

Schaubild 3.2

Zusammenhänge zwischen den Binnenwanderungen, der Zahl der Einwohner und der Veränderung des Arbeitsplatzbestandes*



* Bei den Größen ΣZB^r und ΣFB^r wird für eine gegebene Region r über die Jahre 1961, ..., 1970 summiert (nicht über alle r).

Die erste Hypothese führte zu folgenden Testfunktionen (VA = Standortfaktor, A = Beschäftigte):

$$(3.6) \quad VA_i^r(70/78) = a_0 + a_1 A_i^r(70) + \dots + a_{18} A_{i18}^r(70)$$

für $r = 1, \dots, 178$ (Regionen)

$i = 1, \dots, 18$ (Sektoren)

Der interregionale Querschnittstest der 18 Funktionen führte zu sehr kleinen, meist nicht signifikant von Null verschiedenen Bestimmtheitsmaßen. Auch eine Wiederholung der Berechnungen für eine gröbere sektorale Gliederung führte zu keinen befriedigenden Ergebnissen, so daß diese Hypothese verworfen werden mußte.

²⁹ W. Eckert: Die Entwicklung des Angebots an Arbeitsplätzen in den nach Gemeinden abgegrenzten Arbeitsmarktregionen von 1970 bis 1985. Gutachten des DIW im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Verkehr des Landes Rheinland-Pfalz, Berlin, Mai 1981 (unveröffentlicht).

Tabelle 3.1

Multiple Regressionsanalyse der interregionalen Beschäftigtenstruktur 1970*
 — Regressionskoeffizienten der unabhängigen Variablen (= Beschäftigte in den übrigen Sektoren) —

Abhängige Variable: Beschäftigte im Sektor ...	x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃	x ₁₄	x ₁₅	x ₁₆	x ₁₇	x ₁₈	r ²	Signi- fikanz- grenze	
1 Landwirtschaft	6631 6932			-0,57	-0,15		-0,18	-0,14			0,83 0,98	1,75 1,02	-0,50 -0,69	1,13	-0,75						0,64 0,44	0,32 0,23
2 Energiewirtschaft	- 113 - 275	-0,01				0,02						0,07 0,08	0,03 0,05	-0,08 -0,15			0,03	-0,06		0,96 0,94	0,30 0,23	
3 Bergbau	81 -1067	-0,22	1,31		-0,11		-0,13	-0,15	-0,45 -0,66			1,22 0,80	0,22 -0,36	-0,86 -1,17			-0,36			0,67 0,37	0,35 0,23	
4 Chemische Industrie	- 34 -1070	-0,36 -0,22		-0,43		0,76	-0,22	-0,21 -0,23				1,12 0,94					-0,52	1,72		0,70 0,61	0,31 0,23	
5 Steine u. Erden	469 821				0,08 0,04		0,05	-0,05	0,12			0,16 0,13				-0,15 -0,08	0,09			0,51 0,45	0,30 0,23	
6 Metallzeugung u. -verarb.	1359 1728	5,34 7,48			-0,27		1,16				-0,27	-0,89	0,51			-1,15				0,65 0,46	0,32 0,23	
7 Stahl, Masch., Fahrzeugbau	1200 -2747	-0,28	2,61		0,13	-0,66	0,17			0,20		1,68 1,76			1,54	-0,08 -0,41				0,90 0,86	0,34 0,23	
8 Elektrotech., Feinmechanik, EM	76,8 -3002	-0,37			-0,67 -0,70		0,55				-1,07	1,59 1,50	0,50 -0,56				0,40	-2,63		0,83 0,76	0,34 0,23	
9 Holz, Papier, Druck	34 492				-0,21 -0,18		0,05			0,10 0,17		0,29 0,32	0,11 -0,30				-0,16			0,87 0,83	0,31 0,23	
10 Leder, Textil, Bekleidung	1625 1879					-0,10	0,15 0,14		0,75 0,81							-0,66 -0,39			0,60	0,52 0,50	0,27 0,23	
11 Nahrungs- und Genussmittel	- 232 878	0,05			0,30	0,06		0,11	0,19			0,08	0,12	0,21	0,24	-0,42			0,13	0,96 0,94	0,32 0,23	
12 Baugewerbe	- 167 2298	0,20	0,76	0,30	0,24												0,42 0,58			0,99 0,97	0,31 0,23	
13 Handel	1295 803	-0,10	2,04	0,09		0,09			0,26		0,48			0,66	0,79				1,17	0,99 0,98	0,32 0,23	
14 Verkehr u. Nachrichten- übermittlung	- 109 - 511				-0,10	-0,19		-0,60	-0,31 -0,26		0,59	0,73	0,51		0,58					-1,00 -1,30	0,97 0,96	0,32 0,23
15 Kreditinstitute u. Versicherungen	- 899 - 385	0,04	-0,55	-0,06		-0,02	0,03				-0,30	0,11	0,08	0,08			0,28	-0,10		0,98 0,96	0,35 0,23	
16 Sonstige Dienstleistungen	494 - 64	-0,06				-0,20		-0,07			0,30	0,18	0,30	0,18	1,09	1,09		0,33		0,99 0,99	0,30 0,23	
17 Gabelkörperschaften u. Sozialversicherungen	- 104 437		3,09	-0,24	-0,11		0,08	-0,23		0,75		-0,24				-1,01	0,76		1,88	0,97 0,95	0,35 0,23	
18 Organisationen ohne Erwerbscharakter	113 8		-0,47	0,04	0,03	0,03	-0,02			0,02	-0,13		0,12	-0,11	-0,15		0,09	0,11		0,96 0,94	0,35 0,23	

*) Hinweis zur Interpretation: Die Schätzgleichung lautet $\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_{18} x_{18}$, wobei \hat{y}_i = Beschäftigtenzahl in Region i im Jahr 1970. Es handelt sich um eine lineare Regressionsfunktion über 18 Regionen ($i = 1, \dots, 170$). Einprägungen sind nur Regressionskoeffizienten, deren t-Werte größer 2 sind. Die zweite Zeile bei jeder Regression enthält diejenige Version der (abgewandten) schrittweisen Regression, bei der noch 3 Variablen mit $t \geq 2$ enthalten sind.

Tabelle 3.2

Multiple Regressionsanalyse der interregionalen Beschäftigtenstruktur 1978*
 — Regressionskoeffizienten der unabhängigen Variablen (= Beschäftigte in den übrigen Sektoren) —

Abhängige Variable: Beschäftigte im Sektor ...	β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7	β_8	β_9	β_{10}	β_{11}	β_{12}	β_{13}	β_{14}	β_{15}	β_{16}	β_{17}	β_{18}	r^2	Signif.- Fitzanz- grenze	
1 Landwirtschaft	3737 4614	-0,54 -0,50		-0,13								1,21	1,08 1,05	-0,41 -0,36	-0,35	0,81	0,26	-0,34	-0,64	0,63	0,37	0,23
2 Energiewirtschaft	- 146 - 159	0,04												0,09 0,09	-0,14 -0,16				0,10 0,12	0,92 0,92	0,25 0,23	0,25
3 Bergbau	- 376 - 518	-0,21 1,07					0,20 0,29	-0,11 0,18	-0,14 0,18	-0,33			1,23 0,22	-0,16 -0,14				-0,22		0,66 0,36	0,34 0,23	0,23
4 Chemische Industrie	480 -2509	-0,36				0,97	-0,22	0,22	-0,23			0,42	0,67			0,52				0,64 0,58	0,30 0,23	0,30
5 Steine u. Erden	523 646			0,08		0,05	-0,04					0,19	0,16	-0,08 -0,07						0,44 0,40	0,27 0,23	0,23
6 Metallherzeugung u. -verarb.	1564 2552		0,60 0,74	-0,14	0,51		0,24					-0,82 -0,51	-0,58 0,36	0,72	-1,02					0,55 0,42	0,31 0,23	0,31
7 Stahl, Masch., Fahrzeugbau	95 - 531	-0,28		-0,66		-0,61	0,34					2,23	1,71		-0,46	1,77 1,45	-0,76 -0,71			0,87 0,83	0,31 0,23	0,31
8 Elektrotech., Feinmechanik, EM	-1972 -3861	-0,46		-1,10 -0,77	-0,22	0,25						2,17	1,72	-0,72 -0,48	0,63	-0,34	-0,83			0,82 0,76	0,32 0,23	0,23
9 Holz, Papier, Druck	354 537	-0,09		-0,29 -0,23							0,11	0,53	0,50 0,53	-0,14 -0,14			-0,18	0,32		0,81 0,74	0,23 0,23	0,23
10 Leder, Textil, Bekleidung	1318 1318							0,07 0,07		0,50 0,50										0,39 0,39	0,23 0,23	0,23
11 Nahrungs- und Genussmittel	- 132 51	0,12 0,13								0,19				0,14 0,30	0,09 -0,41	-0,39	0,09			0,95 0,92	0,28 0,23	0,28
12 Bekleidungs- gewerbe	401 950	0,17 0,20		0,34 0,23	0,04		-0,05	0,08	0,07	0,18				0,20 0,44		-0,41	0,13			0,99 0,96	0,32 0,23	0,23
13 Handel	247 305	-0,10 3,90	2,06 -0,11			0,15					0,09	0,63	0,36		0,37	0,80	0,12			0,99 0,98	0,34 0,23	0,34
14 Verkehr u. Nachrichten- übermittlung	137 -1765	-0,10				-0,35		-0,06	-0,11	-0,24		0,45		0,61 0,85	0,74					0,97 0,95	0,32 0,23	0,23
15 Kreditinstitute u. Versicherungen	- 617 - 613	0,06	-1,01 -1,53				-0,06	0,06				-0,47 -0,38	0,21 0,47	0,12	0,16	-0,05	0,25			0,97 0,95	0,34 0,23	0,23
16 Sonstige Dienstleistungen	- 544 26							-0,11	0,07			0,39	0,20	0,31	0,76	0,31	0,37			0,98 0,98	0,28 0,23	0,23
17 Gebietskörperschaften u. Sozialversicherungen	1149 167	-0,29		-0,54						-0,72		1,21	0,56	-0,27	-0,90	0,90	1,44			0,97 0,95	0,32 0,23	0,23
18 Organisationen ohne Erwerbscharakter	5 743	-0,07	0,51					-0,03				0,23	0,29		-0,16	0,30	0,09	0,10		0,95 0,93	0,30 0,23	0,30

1) t-Wert = 1,55

*) Hinweis zur Interpretation: Die Schätzgleichung lautet $\hat{y}_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_{17} x_{i17} + \beta_{18} x_{i18}$, wobei \hat{y}_i = Beschäftigtenzahl in Region i im Jahr 1978. Es handelt sich um eine lineare Querschnittsregression über 178 Regionen ($i=1, \dots, 178$). Eintragsen sind zur Regressionsfunktion, deren t-Werte größer 2 sind. Die zweite Zeile bei jeder Regression enthält diejenige Version der (abwärtigen) schrittweisen Regression, bei der noch 3 Variablen mit $t \geq 2$ enthalten sind.

Hypothese 2 führte zu folgenden 18 Testfunktionen für 1970 und 1978 ($t = 1970, 1978$):

$$(3.7) \quad A_i^r(t) = a_0 + a_1 A_1^r(t) + \dots + a_j A_j^r(t) + \dots + a_{18} A_{18}^r(t)$$

$$i \neq j$$

für $r = 1, \dots, 178$ (Regionen)

$i = 1, \dots, 18$ (Sektoren)

Die Schätzergebnisse für die 18 Funktionen des Jahres 1970 sind in Tabelle 3.1, die für das Jahr 1978 in Tabelle 3.2 angegeben. Die Zusammenhänge sind bei allen 18 Funktionen stringent: Das empirisch ermittelte Bestimmtheitsmaß liegt bei jeder Funktion deutlich über der Signifikanzgrenze (vgl. die letzten beiden Spalten in den Tabellen 3.1 und 3.2).

Um zu möglichst einfachen funktionalen Beziehungen zu gelangen, wurde die Zahl der Einflußgrößen auf der rechten Seite jeder Gleichung schrittweise bis auf drei Variablen verringert. Die entsprechenden Ergebnisse sind ebenfalls in den Tabellen 3.1 und 3.2 angegeben, und zwar für jeden Sektor jeweils in der zweiten Zeile. Überraschenderweise waren die t-Werte der Regressionskoeffizienten auch nach der schrittweisen Elimination der Variablen ausreichend hoch ($t \geq 2$), und auch die Bestimmtheitsmaße behielten in der Regel ihr hohes Signifikanzniveau.

Die Ergebnisse lassen insgesamt den Schluß zu, daß es Zusammenhänge im sektoralen Strukturmix der Regionen gibt, die statistisch höchst signifikant sind, und die es aus diesem Grunde nahelegen, die gefundenen Regelmäßigkeiten bei der Deduktion prognostischer Aussagen zu berücksichtigen. Diese Schlußfolgerung gilt unabhängig davon, ob für die festgestellten empirischen Zusammenhänge eine zufriedenstellende theoretische Reduktion auf allgemeine theoretische Sätze gefunden werden kann, auf denen die festgestellten Regelmäßigkeiten beruhen. Das Reduktionsproblem besteht dabei weniger darin, eine Theorie zu finden, die zu den Zusammenhängen paßt, als vielmehr darin, aus den verschiedenen denkbaren bzw. konstruierbaren Theorien, die hierfür in Frage kommen, eine auszuwählen. Dieses Problem stellt sich immer wieder in den Sozialwissenschaften. Es muß als ungelöst, wenn nicht als unlösbar bezeichnet werden. Da aber eine Lösung, wie auch immer sie aussähe, für das vorliegende Problem, nämlich treffsichere Prognoseaussagen aus einem System plausibler Annahmen abzuleiten, eine vergleichsweise geringe bzw. gar keine Bedeutung hätte, soll hier nicht näher darauf eingegangen werden³⁰.

Die Spezifikation der in Gleichung (3.7) enthaltenen 18 Hypothesen ist insofern noch unbefriedigend, als es sich um 18 Einzelgleichungen handelt, die nicht miteinander verbunden sind. Um zu einem System von Wirkungsbeziehungen zu gelangen, müssen die additiv aneinandergereihten Gleichungen zu einem System verknüpft werden.

Um zu einem überschaubaren System zu gelangen, wurde die relativ große Zahl von 18 Sektoren zunächst zu Sektorgruppen aggregiert. Bei der Aggregation wurden zwei verschiedene Gesichtspunkte berücksichtigt: (1) Die Sektorgruppen sollten in sich so homogen wie möglich sein. (2) Die Sektorgruppen sollten als Ganzes eine Untergliederung in Sektorgruppen mit einem überregionalen Absatzbereich (Basic-Sektoren) bzw. einem regionalen Absatzbereich (Non-basic-Sektoren) erlauben. Es wurde folgende Zuordnung getroffen:

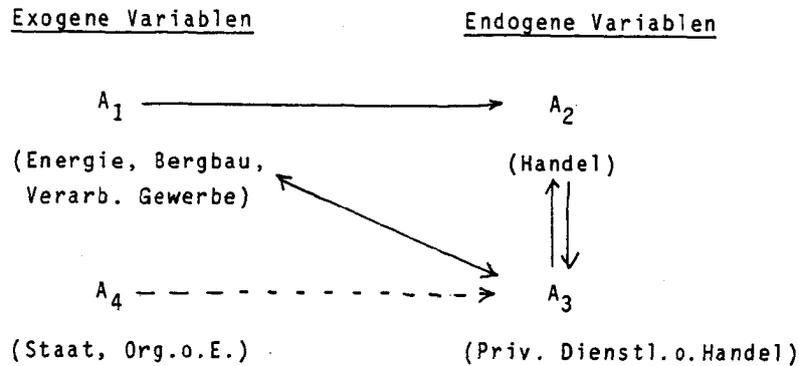
<i>Sektorgruppen</i>	<i>18-Sektoren-Systematik</i>
<i>I. Basic-Gruppen:</i>	
— Landwirtschaft	1 Landwirtschaft
— Energie, Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe	Sektor 2 bis 12
— Staat, Org.o.E.	Sektor 17 u. 18
<i>II. Non-basic-Gruppen:</i>	
— Handel	Sektor 13
— Private Dienstleistungen ohne Handel	Sektor 14 bis 16

In den Tabellen 3.3 und 3.4 sind die Ergebnisse der Tests der Funktionen (3.7) für die neuen 4 Sektorgruppen dargestellt. (Der Sektor Landwirtschaft blieb hier außer Betracht; die Berechnungen für diesen Sektor sind schon in den Tabellen 3.1 bzw. 3.2 enthalten.) Die Ergebnisse sind sehr befriedigend. Hervorzuheben ist, daß das bereits sehr hohe Signifikanzniveau durch die Aggregation weiter *anstieg*.

³⁰ Zu einer allgemeinen Diskussion vgl. H. Birg: Zur Interdependenz ..., a.a.O., 1. Kapitel.

In den Tabellen 3.3 und 3.4 sind sämtliche kombinatorisch möglichen Regressionsrechnungen angegeben. Das Ergebnis ist wieder eine bloße Aneinanderreihung von Einzelgleichungen, aber kein System von miteinander verknüpften Beziehungen. Die Exportbasistheorie bildete die Grundlage für eine theoriegeleitete Auswahl unter den Regressionsfunktionen und für eine Verknüpfung der Variablen zu einem interdependenten System.

Das Ergebnis kann durch folgenden Graphen veranschaulicht werden:



Danach wird die Arbeitsplatz- bzw. Beschäftigtenzahl im Sektor Handel (A_2) von der Arbeitsplatzzahl in der Basic-Sektorgruppe A_1 (Energie, Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe) und von der Non-basic-Sektorgruppe A_3 (Private Dienstleistungen ohne Handel) bestimmt. Die Schätzergebnisse für die entsprechenden Funktionen lauten:

Ergebnisse für das Jahr 1970:

$$(3.8.1) \quad A_2^r(70) = 1039 + 0,07 A_1^r(70) + 0,50 A_3^r(70)$$

für alle $r = 1, \dots, 178$
Bestimmtheitsmaß = 0,98 (Signifikanzgrenze = 0,20)

Ergebnisse für das Jahr 1978:

$$(3.8.2) \quad A_2^r(78) = 739 + 0,08 A_1^r(78) + 0,45 A_3^r(78)$$

für alle $r = 1, \dots, 178$
Bestimmtheitsmaß = 0,99 (Signifikanzgrenze = 0,20)

Die Schätzergebnisse sind sehr befriedigend: Das Bestimmtheitsmaß liegt weit über der Signifikanzgrenze, die Regressionskoeffizienten sind mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 1 vH gesichert.

Inhaltlich besagt das Ergebnis, daß die von der Exportbasistheorie angenommene Abhängigkeit des Non-basic-Sektors „Handel“ von der Basic-Sektor-Gruppe „Energie, Bergbau, Verarbeitendes Gewerbe“ existiert. Aber abweichend von der Exportbasistheorie läßt sich auch ein Einfluß des Basic-Sektors „Private Dienstleistungen“ nachweisen. Zwischen den beiden Non-basic-Sektoren besteht also ein *direkter* Zusammenhang, dessen Intensität größer ist als der Einfluß des zweiten Non-basic-Sektors „Staat“, der nur einen indirekten Einfluß auf den Sektor „Handel“ ausübt, nämlich über den Sektor „Private Dienstleistungen“.

Für den Sektor „Private Dienstleistungen“ wurde folgende Strukturbeziehung festgestellt.

Ergebnisse für das Jahr 1970:

$$(3.9.1) \quad A_3^r(70) = -3561 + 1,33 A_2^r(70) + 0,19 A_4^r(70)$$

für alle $r = 1, \dots, 178$
Bestimmtheitsmaß = 0,98 (Signifikanzgrenze = 0,20)

Ergebnisse für das Jahr 1978:

$$(3.9.2) \quad A_3^r(78) = -2412 - 0,08 A_1^r(78) + 1,91 A_2^r(78)$$

für alle $r = 1, \dots, 178$
Bestimmtheitsmaß = 0,98 (Signifikanzgrenze = 0,20)

Tabelle 3.3

Multiple Regressionsanalyse der interregionalen Beschäftigtenstruktur für 4 zusammengefaßte Sektoren 1970*)

Abhängige Variable: Beschäftigte im Sektor ...		a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	r ²	Signi- fikanz- grenze
1	Verarbeitende Sektoren ohne Landwirtschaft (2-12)	7.622	-	4,27	-1,09	0,70	0,91	0,23
		9.406		4,55	-0,91		0,91	0,20
		12.339		3,21			0,90	0,16
2	Handel (13)	953	0,07	-	0,49	0,04 ¹⁾	0,98	0,23
		1.039	0,07		0,50		0,98	0,20
		2.613			0,66		0,97	0,16
3	Private Dienst- leistungen ohne Handel (14-16)	- 2.925	-0,06	1,49	-	0,22	0,98	0,23
		- 3.561		1,33		0,19	0,98	0,20
		- 3.239		1,48			0,97	0,16
4	Staat, Organisationen ohne Erwerbcharakter (17 u. 18)	2.060	0,05	0,16 ²⁾	0,31	-	0,89	0,23
		2.230	0,06		0,39		0,89	0,20
		3.559			0,52		0,89	0,16

*) Hinweis zur Interpretation: Die Schätzgleichung lautet: $\gamma_i^r = a_{i0} + a_{i1}x_1^r + \dots + a_{i4}x_4^r$, wobei x_i^r = Beschäftigtenzahl in der Region r in Sektorggruppe i. Eingetragen sind für eine abbauende schrittweise Regression nur t-Werte, die größer 2 sind.

1) t-Wert = 1,057
2) t-Wert = 1,057

Die Ergebnisse für den Sektor „Private Dienstleistungen“ sind im Gegensatz zu den Ergebnissen für den Sektor „Handel“ insofern überraschend, als sie einerseits die traditionelle Exportbasistheorie relativieren und andererseits relativ gut mit den modernen Theorien der Tertiarisierung übereinstimmen, die bestimmten Dienstleistungen, beispielsweise dem Staat, Basis-Charakter zuschreiben.

Für das Jahr 1970 ergibt sich, daß der Non-basic-Sektor „Private Dienstleistungen“ vom Sektor „Handel“ abhängt, nicht aber vom Basic-Sektor „Verarbeitendes Gewerbe“, der sogar in sämtlichen Berechnungsvarianten einen *negativen* Regressionskoeffizienten hat. Dieser negative bzw. substitutive Zusammenhang der Sektoren „Private Dienstleistungen“ und „Verarbeitendes Gewerbe“ hat anscheinend sogar im Zeitraum 1970–78 an Intensität gewonnen, denn in der Gleichung für 1970 war die Variable A₁ noch nicht enthalten, während sie in der Gleichung für 1978 an die Stelle der Variablen A₄ (Staat) getreten ist.

Insgesamt sind die statistisch höchst stringenten Zusammenhänge geeignet, einen Weg zu zeigen, wie der bisher verwendete Ansatz der Shift-Analyse durch einen befriedigenderen Ansatz ersetzt bzw. ergänzt werden kann. Das vorgeschlagene Prognosemodell erzwingt aber keineswegs eine Entweder-oder-Entscheidung, sondern erlaubt eine gleichzeitige Anwendung beider Ansätze. Widersprüchen sich die in den gleichzeitig verwendeten Ansätzen enthaltenen Informationen, so wäre das daran erkennbar, daß das Modell keine Lösung hätte.

3.3 Anhangmodelle

3.3.1 Zahl und Größe der Haushalte

(a) Überblick über alternative Ansätze

Die Prognose der Zahl und Größenstruktur der Haushalte gehört zu den schwierigsten demographischen Problemen überhaupt. Die Gründe für die Bildung und Auflösung eines Haushalts und die Weivedauer einer Person in einem Haushalt eines bestimmten Typs hängen ab von zahlreichen demographischen Basisprozessen, insbesondere vom Altersprozeß, von der Nuptialität und Fertilität, von der beruflichen und regionalen

Tabelle 3.4

Multiple Regressionsanalyse der interregionalen Beschäftigtenstruktur für 4 zusammengefaßte Sektoren 1978*)

Abhängige Variable: Beschäftigte im Sektor ...		a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	r^2	Signi- fikanz- grenze
1 Verarbeitende Sektoren ohne Landwirtschaft (2-12)		9.177	-	4,42	-1,23	0,36 ¹⁾	0,90	0,23
		10.245		4,64	-1,14		0,90	0,20
		14.359		2,72			0,89	0,16
2 Handel (13)		636	0,08	-	0,44	0,04 ²⁾	0,99	0,23
		739	0,08		0,45		0,99	0,20
		2.509			0,58		0,98	0,16
3 Private Dienst- leistungen ohne Handel (14-16)		- 2.649	-0,09	1,77	-	0,15	0,98	0,23
		- 2.412	-0,08	1,91			0,98	0,20
		- 3.610		1,68			0,98	0,16
4 Staat, Organisationen ohne Erwerbsscharakter (17 u. 18)		2.380	0,06 ³⁾	0,35 ⁴⁾	0,33	-	0,90	0,23
		2.636	0,08		0,48		0,89	0,20
		4.483			0,61		0,89	0,16

*) Hinweis zur Interpretation: Die Schätzgleichung lautet: $\gamma_i^r = a_{i0} + a_{i1}x_1^r + \dots + a_{i4}x_4^r$, wobei x_i^r = Beschäftigtenzahl in der Region r in Sektorgruppe i. Eingetragen sind für eine abbauende schrittweise Regression nur t-Werte, die größer 2 sind.

1) t-Wert = 1,912 3) t-Wert = 1,912
2) t-Wert = 1,549 4) t-Wert = 1,549

Mobilität und von der Mortalität. Schwerwiegende methodische und empirische Probleme resultieren daraus, daß diese Prozesse nicht unabhängig voneinander sind. So hängt beispielsweise die Geburtenhäufigkeit bei gegebenem Alter der Frau in starkem Maße vom Familienstand ab, welcher wiederum nicht unabhängig vom Niveau und der Entwicklung der Mortalität ist. Schwerwiegende Probleme ergeben sich aber auch daraus, daß alle diese Prozesse bzw. Verhaltenswahrscheinlichkeiten sowohl trendmäßigen als auch abrupten zeitlichen Veränderungen unterworfen sind.

Im folgenden wird zunächst ein kurzer Überblick über die alternativen Ansätze zur Haushaltsprognose gegeben, danach das im DiW entwickelte Verfahren als ein praktikabler Weg skizziert.

(a₁) Mikrosimulationsmodelle

Der theoretisch befriedigendste Ansatz zur Vorausschätzung bzw. zur Simulation der Entwicklung der Haushaltsstruktur sind die in den 60er Jahren in den USA entwickelten und inzwischen auch in der Bundesrepublik erfolgreich erprobten und verfeinerten Mikrosimulationsmodelle³¹. Die Grundidee besteht darin, den Weg einer immer feineren Untergliederung von Personengesamtheiten in verhaltenshomogene sozio-ökonomische Gruppen aufzugeben und statt dessen den umgekehrten Weg zu beschreiben, nämlich den Weg einer Darstellung der interessierenden demographischen Verhaltensweisen für einzelne Individuen. Daß mit diesen beiden Ansätzen tatsächlich das gleiche Ziel von unterschiedlichen Ausgangspunkten aus angesteuert wird, kann beispielhaft an Hand des Mortalitätsprozesses veranschaulicht werden. Will man beispielsweise wissen, wieviele von insgesamt 1000 65jährigen Männern im Verlauf des nächsten Jahres sterben, so kann entweder die Gesamtzahl mit der entsprechenden Sterbewahrscheinlichkeit multipliziert werden, oder es kann für jeden der Männer einzeln eine Zufallszahl zwischen 1 und 0 gezogen werden, wobei Männer, bei denen die gezogene Zahl kleiner

³¹ G.H. Orcutt, S. Caldwell u. R. Wertheimer: Policy Exploration through Microanalytic Simulation. Washington 1976. H.P. Galler: Das Bevölkerungsmodell des SPES-Projekts — ein Modell auf Individualdatenbasis zur Vorausschätzung von Familien- und Haushaltsstrukturen. In: Allgemeines Statistisches Archiv, Heft 4/1977. A. Steger: Haushalte und Familien bis zum Jahr 2000 — Eine mikroanalytische Untersuchung für die Bundesrepublik Deutschland. Frankfurt/New York 1980. H.-J. Krupp: Grundlagen und Anwendung mikroanalytischer Modelle. In: Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung, Heft 1/1982.

als die Sterbewahrscheinlichkeit ist, der Gruppe der Gestorbenen zugerechnet werden, während die übrigen zur Gruppe der Überlebenden zusammengefaßt werden.

Dieses Vorgehen läßt sich übertragen auf die Wahrscheinlichkeit, mit der eine Person heiratet, Mutter bzw. Vater wird, sich scheiden läßt, erwerbstätig wird bzw. den Beruf oder den Wohnort wechselt, sich wiederverheiratet usw. Weitere Wahrscheinlichkeiten dieser Art sind die Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen den verschiedenen Haushaltstypen, insbesondere die Wahrscheinlichkeit für das Ausscheiden der Kinder aus dem elterlichen Haushalt.

Der Vorteil der Mikrosimulationsergebnisse besteht darin, daß sie — ausgehend von einzelnen Individuen — auch Ergebnisse für einzelne Individuen liefern und daß dadurch das in den Gruppenmodellen nur schwer lösbare Problem der Differenzierung mit seinen gravierenden Fehlermöglichkeiten umgangen wird. Der Nachteil der Mikrosimulationsmodelle besteht darin, daß sehr große Datenmengen verarbeitet werden müssen und daß die dafür benötigten Rechenzeiten oft extrem lang sind. Die rasche Entwicklung im EDV-Bereich ermöglicht allerdings bereits heute den Einsatz dieser Modelle auch in der Praxis, und es ist zu erwarten, daß die durch die Rechnergröße bedingten Engpässe mittelfristig kaum mehr ins Gewicht fallen.

Schwerwiegender sind dagegen die Probleme, die sich aus dem großen Datenbedarf bzw. aus der noch unbefriedigenden Art ergeben, mit der das Datenschutzgesetz angewandt wird. In Mikrosimulationsmodellen werden — je nach Differenzierungsgrad — 20 000 bis 600 000 Individualdatensätze verarbeitet. Eine Erhebung von Datenmengen dieser Größenordnung im Rahmen eines Forschungsprojekts, beispielsweise von der vorliegenden Art, würde den üblichen Kostenrahmen sprengen. So bleibt nur der Rückgriff auf die Datensätze des Mikrozensus oder anderer Großstichproben der amtlichen Statistik. Auf den 600 000 Individualdatensätzen des Mikrozensus von 1969 beruhen beispielsweise die Haushaltsprognosen von A. Steger.

In der Bundesrepublik sind gegenwärtig eine Reihe von Institutionen, insbesondere die Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung, bemüht, Verfahren zu entwickeln, um die Individualdaten beispielsweise aus den Großstichproben des Mikrozensus, der Einkommens- und Verbrauchsstichprobe und der Wohnungsstichprobe so zu anonymisieren, daß den Bestimmungen des Datenschutzgesetzes und den Bedürfnissen der wissenschaftlichen Forschung Rechnung getragen wird. Es darf angenommen werden, daß die entsprechenden Bemühungen mittelfristig zum Erfolg führen werden, zumal sich die Einrichtung von allgemein verfügbaren Mikrodatenfiles („public use files“) in Kanada und in den USA bereits seit Jahren in der Praxis bewährt hat. Damit wäre das entscheidende Hindernis, das der Anwendung der Mikrosimulationsmodelle heute noch im Wege steht, aufgehoben.

Gegenwärtig sind Gruppen- bzw. Zellenmodelle allerdings auch aus einem anderen Grund noch nicht ganz durch Mikrosimulationsmodelle ersetzbar. Gruppen- bzw. Zellenmodelle sind den Mikrosimulationsmodellen nämlich in der Regel darin überlegen, daß sie die absolute Zahl der Personen bzw. der Haushalte insgesamt zuverlässiger vorzuschätzen erlauben, auch wenn sie bei der Differenzierung einer Personengesamtheit in Gruppen als weniger leistungsfähig gelten. Ob die Gruppen- bzw. Zellenmodelle ihre Überlegenheit bei der Niveaugenauigkeit auf Dauer behalten werden, oder ob dieser Vorsprung mit der Weiterentwicklung der Mikromodelle schwindet, läßt sich beim gegenwärtigen Stand des Wissens nicht sagen, zumal auch die Entwicklung der Gruppenmodelle noch keineswegs als abgeschlossen anzusehen ist.

Aber selbst wenn die Leistungsfähigkeit der Mikromodelle in Zukunft auch im Hinblick auf ihre Niveaugenauigkeit weitere Fortschritte machen sollte, was sehr wahrscheinlich ist, würde dies die Gesamtkonzeption des Forschungsvorhabens dennoch nicht entscheidend berühren: Die Modelle blieben auch in diesem Fall auf den Bereich der Anhangmodelle beschränkt. Ihr Einsatz als Kern-Modell für die regionale Bevölkerungsprognose würde daran scheitern, daß es mit diesen Modellen bislang nicht möglich ist, interregionale Wanderungsströme vorzuschätzen, die für die regionale Bevölkerungsentwicklung eine wesentlich größere Bedeutung haben als die Geburten und Sterbefälle.

(b) Gruppen- bzw. Zellenmodelle

Gruppen- bzw. Zellenmodelle stimmen mit den Mikrosimulationsmodellen hinsichtlich der demographischen Verhaltensannahmen meistens überein. Sie unterscheiden sich aber in einem wesentlichen Punkt hinsichtlich der Anwendung der Verhaltenshypothesen im Rahmen von Prognosemodellen. Während in Mikromodellen für ein bestimmtes Individuum bei jeder Verzweigung des demographischen Prozesses eine definitive Entscheidung darüber getroffen wird, welchen Weg das Individuum in der jeweiligen Situation wählt (Tod — Überleben, Ledigbleiben — Heirat, kinderlos bleiben — Elternschaft, verheiratet bleiben — Scheidung etc.), wird in Gruppenmodellen die Gruppe entsprechend den Verzweigungswahrscheinlichkeiten in Teilgruppen zerlegt, ohne daß Aus-

sagen darüber gemacht werden, welches Individuum zu welcher Teilgruppe gehört. Bei diesem Vorgehen ergibt sich schon nach einer relativ kleinen Zahl von hintereinandergeschalteten Verzweigungen eine so große Anzahl von Teilgruppen, daß es zu einem Praktikabilitätsproblem wird, den Überblick zu behalten. Schwerwiegender aber ist das Problem, daß die Zahl der durch Auffächerung gebildeten Zellen bald größer ist als die Zahl der Personen, durch die die Zellen besetzt werden können. Dies sei an einem simplifizierten Beispiel verdeutlicht. Teilt man die Lebensspanne zwischen dem Alter von 20 und 45 Jahren in 14 gleich große Teile zu je etwa 1,8 Jahren, so gibt es für eine Frau 14 Möglichkeiten, das erste Kind zu bekommen. Für Frauen, die zwei Kinder haben, gibt es entsprechend $14 \times 13 = 182$ Möglichkeiten des timing. Eine analoge Zahl von Möglichkeiten, die 14 Teilperioden zu kombinieren, bestehe im Hinblick auf die Zeitpunkte zu heiraten und sich scheiden zu lassen (in Wirklichkeit gibt es hier nicht nur 14 mögliche Zeitpunkte, sondern wesentlich mehr). Jedes Paar von Perioden für das erste und das zweite Kind läßt sich mit jedem Paar von Perioden für die Heirat und die Scheidung kombinieren, so daß sich $182 \times 182 = 33\,124$ Möglichkeiten ergeben. Nimmt man ein weiteres Merkmal hinzu, beispielsweise den Zeitpunkt der Aufnahme einer Erwerbstätigkeit und das freiwillige oder unfreiwillige Wiederaufgeben der Erwerbstätigkeit, so überlagert dieser Prozeß die beiden ersten Prozesse, und die Zahl der Kombinationen beträgt bereits $182^3 = 6\,028\,568$. Es leuchtet ein, daß die Fallzahl in einigermaßen realistischen Modellen über alle Maße steigt.

Die Motivation, die zur Entwicklung der Mikrosimulationsmodelle führte, resultierte aus dem Problem der astronomisch hohen Zahl von Zellen, von denen man wußte, daß der größte Teil leer sein mußte, ohne genau sagen zu können, welche Zellen leer und welche Zellen besetzt waren. Dieses Problem ist bei Gruppenmodellen nur dadurch zu lösen, daß Annahmen darüber getroffen werden, bei welchen Zellen es sich lohnt, eine genaue Berechnung ihrer Besetzungszahl vorzunehmen. Ein Modell dieser Art wird beispielsweise von P. Möller angewandt³². Dieses Modell hat notwendigerweise den Nachteil, mit Ad-hoc-Annahmen arbeiten zu müssen, ohne daß immer ganz klar ist, welche Bedeutung die getroffene Annahme für das Modellergebnis hat. Denn die Änderung einer Annahme mit dem Ziel, die Sensitivität des Ergebnisses in bezug auf die Variation der Annahme festzustellen, läuft bei diesen Modellen oft auf eine Konstruktionsänderung für das Gesamtmodell hinaus.

Auf der anderen Seite haben Gruppen- bzw. Zellenmodelle den Vorteil, relativ wenig Aufwand an Rechenzeit und Speicherbedarf zu erfordern. Für das vorliegende Projekt ist das Modell von P. Möller aber weniger geeignet, weil es simultan mit dem Bevölkerungsprognosemodell verknüpft ist. Es läßt sich also nicht ohne weiteres als Anhangmodell mit dem interregionalen Kern-Modell verbinden, jedenfalls nicht ohne gravierende Änderungen.

(c) Das Haushaltsmodell des DIW

Das Haushaltsmodell des DIW beruht auf einem vom Statistischen Bundesamt entwickelten Verfahren, das hier als Quoten-Modell bezeichnet werden soll³³. Das Modell wurde im DIW für die Zwecke der Regionalisierung im Rahmen der letzten Leitdatenprognose verfeinert³⁴. Daneben gibt es im DIW eine aktuelle Version für das Bundesgebiet insgesamt³⁵.

Der Grundgedanke der Quotenmodelle ist einfach. Zentraler Baustein ist der Begriff der Haushaltsvorstandsquote. Sie ist definiert als der Anteil der Personen einer bestimmten Altersgruppe und eines bestimmten Geschlechts, die Vorstand eines Haushalts von einer bestimmten Größe sind, an allen Personen dieses Alters und Geschlechts. In Symbolen:

$$\text{Haushaltsvorstandsquote} = q_{ij}^g(t)$$

g = männlich, weiblich

i = Altersgruppe

j = Haushaltsgröße (= Personenzahl)

t = Jahr

³² P. Möller: Entwicklung von Bevölkerung und Haushalten in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000. Duncker u. Humblot, Berlin 1982.

³³ H.J. Borries: Vorausschätzung der Zahl der Privathaushalte bis 1985. In: Wirtschaft und Statistik, Heft 6, 1973. Ferner: Entwicklung der Zahl der deutschen Privathaushalte 1961 bis 1990. In: Wirtschaft und Statistik, Heft 9, 1979.

³⁴ W. Kirner: Projektion von Komponenten der demographischen und wirtschaftlichen Entwicklung in den Regionen bis zum Jahr 2000. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, DIW, Berlin, Juli 1978 (unveröffentlicht).

³⁵ W. Müller: Prognose der privaten Haushalte bis zum Jahr 2000. In: Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf Struktur und Niveau der Gesamtnachfrage. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft, DIW, Berlin, Dezember 1981 (unveröffentlicht).

Sind die Haushaltsvorstandsquoten bekannt, so läßt sich aus einer nach Alter und Geschlecht untergliederten Bevölkerungsprognose die Verteilung der Einwohner auf die Haushaltsgrößenklassen ableiten:

$$\text{Zahl der Personen in Haushalten der Größe } j = j \cdot \left[\sum_i q_{ij}^m(t) B_i^m(t) + \sum_i q_{ij}^w(t) B_i^w(t) \right]$$

B_i = Bevölkerungsbestand im Alter i

m = Männer

w = Frauen

Dividiert man diese Personenzahl durch die Haushaltsgröße j , so erhält man die Zahl der Haushalte der Größe j .

Die Haushaltsprognose reduziert sich somit bei gegebener Bevölkerungsprognose auf eine Prognose der Haushaltsvorstandsquoten. Auf die entsprechenden Verfahren soll hier nicht eingegangen werden, denn es handelt sich im wesentlichen um Zeitreihenextrapolationen und um die Abschätzung der möglichen Fehlerquellen, die in den zitierten Studien von W. Kirner und W. Müller bereits dokumentiert sind.

Die Zahl der in Haushalten lebenden Kinder, die aus der Bevölkerungsprognose bekannt ist, läßt sich bei der Prognose der Haushaltsvorstandsquoten für 3-Personen-Haushalte als Eckzahl zur Plausibilitätskontrolle verwenden. Auf diese sowie auf weitere Möglichkeiten, das Quoten-Verfahren zu verfeinern, ist W. Müller in seiner Studie bereits eingegangen.

Die Modifizierung des Ansatzes, die W. Kirner vorgenommen hat, ermöglicht eine Regionalisierung der Vorausschätzung. Basis ist eine Differenzierung der Haushaltsvorstandsquoten nach Regionen an Hand der Ergebnisse der Volkszählung von 1970. Aus der Volkszählung standen regionale Angaben über die Zahl der Haushalte nur in der Differenzierung nach der Haushaltsgröße zur Verfügung, nicht in der zusätzlichen Differenzierung nach dem Geschlecht und dem Alter des Haushaltsvorstands. Zur Schätzung regionsspezifischer Haushaltsvorstandsquoten wurden die auf Bundesebene bekannten Haushaltsvorstandsquoten mit den regionalen Einwohnerzahlen multipliziert. Die aus der Multiplikation resultierenden regionalen Haushaltszahlen wurden mit den aus der Volkszählung bekannten Angaben über die Zahl der Haushalte in den Regionen verglichen. Anschließend wurden die nationalen Haushaltsvorstandsquoten so verändert, daß die aus den regionalen Einwohnerzahlen abgeleiteten Haushaltszahlen mit den tatsächlichen Zahlen übereinstimmen.

Für die Prognose wurde unterstellt, daß die für 1970 ermittelten Quotienten aus den regionalen und nationalen Haushaltsvorstandsquoten auch im Prognosejahr gelten. Unter dieser Annahme ließen sich die regionalen Haushaltsvorstandsquoten im Prognosejahr aus der Vorausschätzung der nationalen Haushaltsvorstandsquoten ableiten. Aus der Multiplikation der regionalen Einwohnerzahlen mit den so ermittelten regionalen Haushaltsvorstandsquoten ergab sich ein Schätzwert für die Größenklassenverteilung der Haushalte in jeder Region. Um die Kompatibilität der Haushaltsverteilung mit der Einwohnerzahl in der Region herzustellen, wurde die Größenklassenverteilung in einem letzten Schritt unter Anwendung des Verfahrens der doppelten Proportionalität so verändert, daß beide Schätzungen konsistent waren³⁶.

Das skizzierte Verfahren stellt einen erprobten und praktikablen Weg dar, regional differenzierte Haushaltsprognosen zu erarbeiten, die mit entsprechenden Vorausschätzungen auf Bundesebene kompatibel sind. Zu diesem Ansatz gibt es bislang keine Alternative. Gleichwohl ließe sich der Ansatz inhaltlich verbessern, indem die nationalen Haushaltsvorstandsquoten, die die Eckwerte für die Regionalisierung bilden, durch ein Mikrosimulationsmodell vorausgeschätzt werden.

3.3.2 Gliederung der regionalen Wohnbevölkerung in Erwerbspersonen und Nicht-Erwerbspersonen

Basis für die Untergliederung der regionalen Bevölkerungsbestände in sozioökonomische Gruppen mit einem jeweils unterschiedlichen verkehrsspezifischen Verhalten ist die Klassifikation in Erwerbspersonen und Nicht-Erwerbspersonen. Die Gruppe der Erwerbspersonen besteht dabei aus den beiden Untergruppen der Erwerbstätigen und der Arbeitslosen. Die Teilgruppe der Erwerbstätigen kann weiter nach Wirtschaftsbereichen und nach den Kategorien Arbeiter, Angestellte, Beamte und mithelfende Familienangehörige differenziert werden, die Gruppe der Nicht-Erwerbspersonen in die Teilgruppen Schüler und Studierende, Hausfrauen und Rentner (vgl. Übersicht 3.3).

³⁶ W. Kirner: Projektion von Komponenten ..., a.a.O., S. 30, sowie R. Stäglin: MODOP — Ein Verfahren zur Erstellung empirischer Transaktionsmatrizen. In: Anwendung statistischer und mathematischer Methoden auf sozialwissenschaftliche Probleme. Würzburg 1972.

Übersicht 3.3

Gliederung der regionalen Wohnbevölkerung in sozioökonomische Gruppen

Regionale Wohnbevölkerung (B^r)	Erwerbspersonen (EPr)	Erwerbstätige (ET ^r)	Differenzierung nach Wirtschaftszweigen Differenzierung nach Arbeitern, Angestellten und mithelfenden Familienangehörigen
		Arbeitslose (AL ^r)	keine weitere Differenzierung
	Nicht-Erwerbspersonen (NEPr)	Differenzierung nach - Schülern und Studierenden (ST^r) - Hausfrauen (H^r) - Rentnern (R^r)	

Aus dem Kern-Modell der regionalen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose können die regionalen Erwerbsquoten $\xi^r(t_2)$ im Prognosejahr t_2 entnommen werden. Die Zahl der Erwerbspersonen $EP^r(t_2)$ läßt sich mit diesen Quoten aus der regionalen Einwohnerzahl ableiten, die sich ebenfalls aus dem Kern-Modell ergibt:

$$(3.10) \quad EP^r(t_2) = \xi^r(t_2) B^r(t_2)$$

Auch die Zahl der Arbeitslosen $AL^r(t_2)$ wird im Kern-Modell geschätzt. Die Erwerbstätigen $ET^r(t_2)$ lassen sich durch Subtraktion aus beiden Größen ableiten:

$$(3.11) \quad ET^r(t_2) = EP^r(t_2) - AL^r(t_2)$$

Schließlich kann auch die Zahl der Nicht-Erwerbspersonen $NEP^r(t_2)$ durch Differenzbildung errechnet werden:

$$(3.12) \quad NEP^r(t_2) = B^r(t_2) - EP^r(t_2)$$

Zur weiteren Differenzierung dieser Hauptgruppen bieten sich folgende Möglichkeiten.

3.3.3 Gliederung der Zahl der Erwerbstätigen nach Wirtschaftssektoren und sozialer Stellung

Die Differenzierung der Zahl der Erwerbstätigen nach Wirtschaftsbereichen stellt ein Hauptproblem regionaler Prognosen dar, das als noch ungelöst gelten muß. Die Schwierigkeiten resultieren vor allem aus dem Tatbestand, daß es kein für alle Regionen verfügbares System regionaler Input-Output-Tabellen gibt: Weder die intersektorale Verflechtung innerhalb einer Region noch die intersektorale Verflechtung der Wirtschaftsbereiche durch die Handelsströme zwischen den Regionen lassen sich statistisch darstellen.

Die einzige verfügbare statistische Basis zur Sektoralisierung der Erwerbstätigen ist die Arbeitsstättenzählung und die Statistik der versicherungspflichtigen Arbeitnehmer (= „Beschäftigtenstatistik“). Es versteht sich von selbst, daß Lösungsvorschläge aufgrund der unzureichenden Datenbasis nicht befriedigen können.

Der folgende Verfahrensvorschlag ist ein Versuch, das unfruchtbare Entweder-Oder zu vermeiden und in der Frage der Sektoralisierung ein wenig mehr zu tun als nichts. Grundlage des Vorschlags ist die im vorangegangenen Abschnitt gezeigte Möglichkeit, von den 4 Hauptsektoren

	Zahl der Erwerbstätigen
I. Beschäftigte im Energiesektor, Bergbau und verarbeitendem Gewerbe	A_1
II. Beschäftigte im Handel	A_2
III. Beschäftigte in privaten Dienstleistungen ohne Handel	A_3
IV. Beschäftigte beim Staat	A_4

die beiden Teilsektoren Handel (A_2) und Private Dienstleistungen (A_3) endogen im Modell zu bestimmen, und zwar als Funktion der beiden anderen Sektoren Verarbeitendes Gewerbe (A_1) und Staat (A_4), die außerhalb des Modells vorausgeschätzt werden müßten (Gleichungen (3.8) und (3.9)).

Zur Prognose der beiden außerhalb des Modells zu bestimmenden Sektoren könnte der Ansatz der modifizierten Shift-Analyse angewandt werden. Grobe Schätzfehler könnten dabei sicherlich vermieden werden, weil diese Schätzungen mit der im Kern-Modell ermittelten Gesamtzahl der Erwerbstätigen konsistent sein müssen: Das Kern-Modell akzeptiert sozusagen durch seine vielfältigen Rückkopplungen zu den Erwerbsquoten, den Wanderungen und der Bevölkerungszahl nur solche exogene Vorgaben, die in das Gesamtgefüge aller Annahmen und Regelmäßigkeiten hineinpassen.

Unter der Annahme, daß für die 4 Hauptsektoren einigermaßen zuverlässige Schätzwerte ermittelt werden, ließe sich eine weitere mehr oder weniger mechanische Zerlegung des Sektors Verarbeitendes Gewerbe als des weitaus größten Teilsektors vertreten. Hierfür könnte das Verfahren der doppelten Proportionalität angewandt werden, auf das bereits bei der Haushaltsprognose eingegangen wurde.

Ausgangspunkt ist die Matrix der Beschäftigten im Sektor Verarbeitendes Gewerbe (A_1) im Basisjahr t_1

$$\begin{array}{cccc}
 & \text{Teilsektoren } i=1, \dots, n & & \\
 & & & \\
 \begin{array}{c} \text{Regionen } r=1, \dots, R \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{array} & \begin{array}{cccc} A_{11}^1 & \dots & A_{1i}^1 & \dots & A_{1n}^1 \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_{11}^r & \dots & A_{1i}^r & \dots & A_{1n}^r \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_{11}^R & \dots & A_{1i}^R & \dots & A_{1n}^R \end{array} & \begin{array}{c} \sum_i A_{1i}^1 \\ \\ \\ \sum_i A_{1i}^r \\ \\ \\ \sum_i A_{1i}^R \end{array}
 \end{array}$$

$$\sum_r A_{11}^r \quad \dots \quad \sum_r A_{1i}^r \quad \dots \quad \sum_r A_{1n}^r$$

Für das Prognosejahr liegen folgende Werte vor:

- Zahl der Erwerbstätigen in den Teilsektoren des Sektors I auf nationaler Ebene (Werte in der Summenzeile). Quelle ist das ökonometrische Modell auf Bundesebene.
- Zahl der Erwerbstätigen für den zu untergliedernden Sektor I in den einzelnen Regionen (Werte in der Spaltenzeile). Quelle ist das regionale Kern-Modell der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose in Verbindung mit der Shift-Analyse für Sektor I.

Aus den beiden Randvektoren werden die gesuchten Matrixelemente $A_{1i}^r(t_2)$ im Prognosejahr so ermittelt, daß die Abweichungen zu den bekannten Matrixelementen $A_{1i}^r(t_1)$ im Ausgangsjahr möglichst klein sind (= Verfahren der doppelten Proportionalität).

Statt des relativ mechanischen Verfahrens der doppelten Proportionalität könnte auch die Shift-Analyse zur Untergliederung des Sektors A_1 herangezogen werden. Grundlage hierfür ist eine sektorspezifische „Prognose“ in jeder Region gemäß der Gleichung

$$(3.13) \quad A_i^r(t_2) = \frac{\sum_r A_i^r(t_2)}{\sum_r A_i^r(t_1)} A_i^r(t_1) + \Delta A_i^r$$

Übersicht 3.4

Überblick über die Ansätze zur Sektoralisierung

Sektorgliederung des Kern-Modells	Prognosemethode	Weitere Untergliederung in die Sektoren	Sektoralisierungsansatz	Nr.
Landwirtschaft		entfällt	-	1
Energie, Bergbau und Verarbeitendes Gewerbe	außerhalb des Kern-Modells	Energie	alternative Verfahren: - doppelte Proportionalität - Shift-Analyse - multiple Regressionsanalyse	2
		Bergbau		3
		Chemische Industrie, Mineralöl		4
		Steine, Erden, Keramik		5
		Eisen, NE, Gießerei		6
		Stahl-, Masch.- u. Fahrzeugbau		7
		Elektro, Feinmech., EBM		8
		Holz, Papier, Druck		9
		Leder, Textil, Bekleidung		10
		Nahrungs- u. Genußmittel		11
		Baugewerbe		12
Handel		entfällt	-	13
Private Dienstleistungen ohne Handel	innerhalb des Kern-Modells	Verkehr u. Nachrichten Kreditinstitute, Versicherungen Sonstige Dienstleistungen	alternative Verfahren (s.o.)	14
				15
				16
Staat, Org. o.E.	außerhalb des Kern-Modells	entfällt	-	17
Insgesamt	innerhalb des Kern-Modells	-	-	

wobei die Variable VA_i^t den „Standorteinfluß“ in der Vergangenheit mißt (vgl. die ausführliche Darstellung des Ansatzes der Shift-Analyse im 1. Teil, Gleichungen (1.2.10) bis (1.2.15)). Dieses Verfahren hat W. Kirner im Rahmen der letzten Leitdatenprognose angewandt, allerdings nur für die 4 Hauptwirtschaftsbereiche³⁷.

Eine dritte Möglichkeit besteht schließlich darin, die Ergebnisse der in den Tabellen 1.1 bis 1.4 dargestellten multiplen Regressionsanalysen für die Sektoralisierung der 4 Hauptsektoren zu nutzen. Dabei könnte insbesondere der für Güterverkehrsprognosen wichtige Sektor „Bau“ an bestimmte Leitsektoren angehängt werden, die allerdings zuvor mit der Shift-Analyse vorausgeschätzt werden müßten.

Mit einem der drei Verfahren kann auch der Sektor Private Dienstleistungen (A_3) weiter in Teilsektoren aufgespalten werden. In Übersicht 3.4 ist dargestellt, wie mit dem vorgeschlagenen Ansatz eine Differenzierung der Erwerbstätigen in insgesamt 17 Sektoren erreicht werden kann.

Weitere Untergliederungen der Erwerbstätigenzahlen für die 17 Sektoren nach den Merkmalen Arbeiter, Angestellte, Selbständige und mithelfende Familienangehörige sind möglich, wenn hierfür die Arbeitsstättenzählung von 1983, die Beschäftigtenstatistik und der Mikrozensus in regionaler Differenzierung vorliegen. Dabei könnte vor allem das Verfahren der doppelten Proportionalität angewandt werden, indem die Anteile der sozialen Gruppen in den Sektoren der Regionen aus der Vergangenheit auf die Zukunft übertragen werden, und zwar unter Beachtung der entsprechenden Eckwerte, die für das Bundesgebiet insgesamt vorauszuschätzen wären.

³⁷ W. Kirner: Projektion von Komponenten ..., a.a.O., S. 109 f.

3.3.4 Gliederung der Zahl der Nicht-Erwerbspersonen in Schüler und Studierende, Hausfrauen und Rentner

Die Untergliederung der Zahl der Nicht-Erwerbspersonen in die Teilgruppen

- Schüler und Studierende
- Hausfrauen und
- Rentner

orientiert sich an dem Ziel, überschneidungsfreie Teilgruppen zu erhalten. Es gibt zwar Rentnerinnen, die studieren, und Schülerinnen, die zugleich Hausfrauen sind, aber die entsprechenden Schnittmengen fallen vermutlich nicht stark ins Gewicht.

Basis der weiteren Differenzierung ist die Untergliederung der Erwerbspersonen EP^r und der Nicht-Erwerbspersonen NEP^r nach Alter und Geschlecht. Geht man davon aus, daß die Erwerbsquoten im Basisjahr der Untersuchung nach Altersgruppen, Geschlecht und Regionen differenziert vorliegen — Grundlage hierfür wären entweder die Volkszählung von 1983 bzw. Schätzungen für die folgenden Jahre unter Verwendung des Mikrozensus —, so könnten diese fein differenzierten Erwerbsquoten $\xi_i^r(t_1)$ des Basisjahres t_1 in modifizierter Form auf das Prognosejahr t_2 übertragen werden, indem die Quoten durch Multiplikation mit Korrekturfaktoren d^r proportional so verändert werden, daß sie mit der aus dem Kern-Modell übernommenen Zahl der Erwerbspersonen konsistent sind:

$$(3.14) \quad EP^r(t_2) = d^r \sum_i \{ \xi_i^{im}(t_1) B_i^{im}(t_2) + \xi_i^{rw}(t_1) B_i^{rw}(t_2) \}$$

Für jede Region läßt sich aus (3.14) der Korrekturfaktor d^r auf einfache Weise ermitteln. Durch Multiplikation der Erwerbsquoten im Basisjahr mit dem Korrekturfaktor erhält man eine einfache Schätzung für die Erwerbsquoten im Prognosejahr:

$$(3.15) \quad \begin{aligned} \xi_i^{im}(t_2) &= d^r \xi_i^{im}(t_1) \\ \xi_i^{rw}(t_2) &= d^r \xi_i^{rw}(t_1) \end{aligned}$$

für alle $r = 1, \dots, R$
und alle Altersgruppen i .

Multipliziert man die nach Altersgruppen und Geschlecht differenzierten Bevölkerungsbestände mit diesen Erwerbsquoten, so erhält man eine Schätzung für die Erwerbspersonen, differenziert nach Altersgruppen und Geschlecht. Die nach Alter und Geschlecht differenzierten Nicht-Erwerbspersonen lassen sich durch Differenzbildung ermitteln.

Ermittlung der Erwerbspersonen:

$$(3.16.1) \quad \begin{aligned} EP_i^{im}(t_2) &= \xi_i^{im}(t_2) B_i^{im}(t_2), & \text{(Männer)} \\ EP_i^{rw}(t_2) &= \xi_i^{rw}(t_2) B_i^{rw}(t_2), & \text{(Frauen)} \end{aligned}$$

Ermittlung der Nicht-Erwerbspersonen:

$$(3.16.2) \quad \begin{aligned} NEP_i^{im}(t_2) &= B_i^{im}(t_2) - EP_i^{im}(t_2), & \text{(Männer)} \\ NEP_i^{rw}(t_2) &= B_i^{rw}(t_2) - EP_i^{rw}(t_2), & \text{(Frauen)} \end{aligned}$$

Auf der Basis dieser nach Alter und Geschlecht differenzierten Daten können die drei interessierenden Teilgruppen wie folgt gebildet werden.

(b₁) Schüler und Studierende

Zur Ableitung der Zahl der Schüler aus der Altersstruktur der Bevölkerung kann analog zu dem von W. Kirner entwickelten Verfahren von einer Grobklassifikation der Personen im Schulbereich in die beiden Hauptklassen — *Schüler in allgemeinbildenden Schulen* (= Primarbereich und Sekundarbereich I) und — *Fortbildungsschüler* (in allgemeinbildenden Schulen des Sekundarbereichs II, Vollzeitschüler in berufsbildenden Schulen des Sekundarbereichs II und Studenten) ausgegangen werden.

Die beiden Schülergruppen lassen sich durch Zuordnung der Altersgruppen von 6 bis unter 16 Jahren (Schüler in allgemeinbildenden Schulen) und der Altersgruppe von 16 bis unter 25 Jahren (Fortbildungsschüler) definieren, wobei der Anteil der ersten Gruppe an der Gesamtzahl der Personen in diesem Alter von 91,3 vH im Jahr 1975 auf praktisch 100 vH im Jahr 2000 steigen dürfte. Für den Anteil der Fortbildungsschüler ist Kirner von einem Anstieg der Quote von 24,9 vH im Jahr 1975 auf 35 vH im Jahr 2000 ausgegangen³⁸.

Die Schülerquoten beziehen sich in dem Ansatz von W. Kirner auf alle Personen der entsprechenden Altersgruppen; sie ließen sich aber auf einfache Weise auch auf die Basis der Nicht-Erwerbspersonen entsprechenden Alters umstellen. Die Umstellung hätte den Vorteil, daß differenzierte Annahmen über die Veränderung der regional sehr unterschiedlichen Schülerquoten mit entsprechenden Annahmen über die Veränderung der ebenfalls regional sehr unterschiedlichen alters- und geschlechtsspezifischen Erwerbsquoten abgestimmt werden könnten³⁹.

(b2) Rentner und Hausfrauen

Ein Vorteil der hier vorgeschlagenen Basisgliederung in Erwerbspersonen und Nicht-Erwerbspersonen ist es, daß sie eine sehr einfache Definition des Begriffes „Rentner“ erlaubt: Rentner sind alle Nicht-Erwerbspersonen, die ein bestimmtes Alter überschritten haben. Die Altersschwelle könnte bei Frauen und Männern unterschiedlich angesetzt werden, beispielsweise bei 60 bzw. 65 Jahren.

Auch der Begriff „Hausfrau“ läßt sich bei dem vorgeschlagenen Vorgehen einfach abgrenzen: Hausfrauen sind alle weiblichen Nicht-Erwerbspersonen im Alter von 16 Jahren und mehr, die nicht zur Gruppe der Schüler und Studierenden gerechnet wurden. Bei dieser Definition würde es zu einer Überschneidung mit der Gruppe der Rentnerinnen kommen. Es könnte sich bei der Konstruktion des Verkehrsmodells als zweckmäßig erweisen, diese Überschneidung durch Festlegung einer oberen Altersgrenze zu vermeiden.

3.35 Regionales Einkommens- und Produktionsniveau

(a) Regionales Niveau der Arbeitseinkommen

Das regionale Einkommensniveau stellt in Verbindung mit der Gliederung der regionalen Wohnbevölkerung in Haushaltstypen bzw. in sozioökonomische Gruppen eine wichtige Größe zur Bestimmung der Verkehrsnachfrage dar.

Auf der Basis der in Übersicht 3.4 (Seite 121) dargestellten Sektoralisierung der Erwerbstätigen lassen sich Orientierungswerte über die regionalen Unterschiede des Einkommensniveaus gewinnen, wenn als statistische Basis die Arbeitsstättenzählung von 1983 in regionaler und sektoraler Differenzierung verfügbar ist. Die Arbeitsstättenzählung liefert Angaben über die Lohn- und Gehaltssumme, also über das Arbeitseinkommen, und über die Zahl der abhängig Beschäftigten, untergliedert nach etwa 140 Sektoren. In den Angaben nicht enthalten sind die Einkommen aus Unternehmertätigkeit und Vermögen und die Transfereinkommen. Da aber die aus unselbständiger Arbeit erzielten Arbeitseinkommen den weitaus größten Teil des regionalen Gesamteinkommens ausmachen, lassen sich mit der Arbeitsstättenzählung trotz der fehlenden Angaben über Gewinne und Transfereinkommen gute Schätzwerte des Einkommensniveaus ermitteln. Als eine alternative Datengrundlage zur Arbeitsstättenzählung käme auch die Statistik über die sozialversicherungspflichtig Beschäftigten (= Beschäftigtenstatistik) in Betracht. Auch in dieser Statistik fehlen die Gewinn- und Transfereinkommen, aber ihre Aussagekraft dürfte aus den dargelegten Gründen etwa derjenigen der Arbeitsstättenzählung entsprechen. Die Beschäftigtenstatistik hat den Vorteil, daß sie jährlich durchgeführt wird.

Ausgangspunkt sind die Schätzwerte für die Zahl der Erwerbstätigen in den 17 Sektoren jeder Region im Prognosejahr (zur sektoralen Gliederung vgl. Übersicht 3.4, Seite 121). Aus ihnen werden zunächst Schätzwerte für die Zahl der abhängig Beschäftigten ermittelt, indem die für das Basisjahr bekannte Relation der Zahl der abhängig Beschäftigten zur Gesamtzahl der Erwerbstätigen auf das Prognosejahr t_2 übertragen wird.

³⁸ W. Kirner: Projektion von Komponenten ..., a.a.O., S. 39.

³⁹ Zu den regionalen Unterschieden der nach Alter und Geschlecht differenzierten Erwerbsquoten vgl. H. Birg: Die Entwicklung des Erwerbspersonenpotentials in den Regionen der BRD von 1975 bis 2000 — demographische Vorausberechnungen ohne Wanderungen —. Im Druck bei der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Hannover, als Beitrag zum Sammelband „Großräumige Zuweisung von Funktionen“, herausgegeben von R. Thoss.

$$(3.17) \quad X_i^r(t_2) = a_i^r(t_1) A_i^r(t_2) \quad ,$$

$r = 1, \dots, R$ Regionen
 $i = 1, \dots, 17$ Sektoren
 A_i^r = Erwerbstätige insgesamt
 X_i^r = abhängig Beschäftigte
 a_i^r = Anteil der abhängig Beschäftigten im Basisjahr t_1

Bezeichnet man mit L_i^r die Lohn- und Gehaltssumme, so kann das regionale Einkommensniveau im Prognosejahr auf folgende Weise als Index definiert bzw. berechnet werden:

$$(3.18) \quad Q^r(t_2) = \frac{\sum_i \frac{L_i^r(t_1)}{X_i^r(t_1)} X_i^r(t_2)}{\sum_i X_i^r(t_2)} \cdot 100$$

$$= \frac{\sum_r \sum_i \frac{L_i^r(t_1)}{X_i^r(t_1)} X_i^r(t_2)}{\sum_r \sum_i X_i^r(t_2)}$$

Der Index des regionalen Einkommensniveaus $Q^r(t_2)$ im Prognosejahr ist hier als der Quotient aus dem Pro-Kopf-Einkommen in der Region und dem Pro-Kopf-Einkommen im Bundesgebiet insgesamt definiert, wobei die regions- und sektorspezifischen Pro-Kopf-Einkommen des Basisjahres auf die Zukunft übertragen werden. Der so definierte Index spiegelt alle Veränderungen wider, die sich aus einer Änderung der sektoralen Zusammensetzung der regionalen Beschäftigtenzahl ergeben.

Die vorgeschlagene Kennziffer wurde bereits in einem Gutachten des DIW angewandt⁴⁰. Ein ähnliches Verfahren auf der Basis einer Klassifikation in 4 Hauptwirtschaftsbereiche hat auch W. Kirner im Rahmen der Leitdatenprognosen verwendet⁴¹.

(b) Regionales Produktionsniveau

Das Bruttoinlandsprodukt der Regionen stellt als ein Maß für das regionale Produktionsniveau eine entscheidende Erklärungsgröße für den Güterverkehr dar. Aus diesem Grunde wurde das regionale Bruttoinlandsprodukt auch bisher schon in den Leitdatenvorausschätzungen des DIW zusätzlich zum regionalen Einkommensniveau vorausgeschätzt⁴².

Analog zur Schätzung regionaler Einkommensniveaus im vorangegangenen Abschnitt bietet es sich an, von der in 17 Sektoren untergliederten regionalen Erwerbstätigenprognose auszugehen (vgl. Übersicht 3.4, Seite 121). Die regions- und sektorspezifischen Erwerbstätigen $A_i^r(t_2)$ des Prognosejahres werden mit den regions- und sektorspezifischen Arbeitsproduktivitäten des Basisjahres und zusätzlich mit den realen Wachstumsfaktoren b_i auf Bundesebene multipliziert:

$$(3.19) \quad Y^r(t_2) = \sum_i Y_i^r(t_2) = \sum_i b_i \frac{Y_i^r(t_1)}{A_i^r(t_1)} A_i^r(t_2)$$

$i = 1, \dots, 17$ Sektoren
 $r = 1, \dots, R$ Regionen
 Y_i^r = Beiträge zum Bruttoinlandsprodukt

Ergebnis dieser Schätzung ist eine auf 17 Sektoren basierende Berechnung der regionalen Bruttoinlandsprodukte. Vorausgesetzt ist hierbei, daß es gelingt, vom Arbeitskreis der Statistischen Landesämter, der die Berechnungen des regionalen Bruttoinlandsprodukts durchführt, eine Untergliederung der Daten für 17 Sektoren anstatt wie bisher nur für 4 Wirtschaftsbereiche zu erhalten. Andernfalls wäre die Formel (3.19) analog für 4 Wirtschaftsbereiche anzuwenden⁴³.

⁴⁰ H. Birg: Arbeitsplatzentwicklung und Lohnniveau in Arbeitsmarktregionen der Bundesrepublik Deutschland. Gutachten im Auftrag des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, DIW, Berlin 1973 (unveröffentlicht).

⁴¹ W. Kirner: Projektion von Komponenten ..., a.a.O., S. 122 f.

⁴² W. Kirner: Projektion von Komponenten ..., a.a.O., S. 117 f.

3.4 Voraussetzungen für eine Anwendung des Modellsystems

3.4.1 Datenbedarf und Datenverfügbarkeit

Im folgenden soll der Datenbedarf und die Datenverfügbarkeit für jedes der im vorangegangenen Abschnitt dargestellten Modellsysteme geprüft werden. Dabei wird davon ausgegangen, daß Daten der nächsten Volks- und Arbeitsstättenzählung verfügbar sein werden. In Anbetracht der Unsicherheit darüber, ob bzw. wann die nächste Volkszählung durchgeführt wird, erscheint es wichtig, festzuhalten, daß die jährlich verfügbaren Daten der Amtlichen Statistik ausreichen, um das Modellsystem zu füllen. Mit anderen Worten: Die Verfügbarkeit der Daten der Volkszählung würde die Lösung der Datenprobleme erleichtern und die Qualität der Modelle verbessern, aber die Verfügbarkeit von Daten der nächsten Volkszählung ist keine Voraussetzung für die Anwendung des Modellsystems.

(a) Bevölkerungsmodelle auf nationaler und regionaler Ebene

Datenbedarf:

- Bevölkerungsbestände, gegliedert nach Altersjahren bzw. -gruppen (Kreise) und Geschlecht (auf nationaler Ebene nach Nationalität)
- Geburten nach dem Alter und der Nationalität der Mutter (für Kreise nur nach dem Alter)
- Sterbewahrscheinlichkeiten (nur nach Alter und Geschlecht, nicht nach Kreisen)
- Wanderungen über die Grenzen des Bundesgebietes nach Alter und Geschlecht
- Wanderungen zwischen den Kreisen bzw. Regionen (möglichst nach Alter und Geschlecht untergliedert).

Datenverfügbarkeit:

Sämtliche Daten werden in jährlicher Periodizität vom Statistischen Bundesamt (bzw. für Kreise von der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung) zur Verfügung gestellt.

Besonderheiten und Probleme:

1. Die regionalen Bevölkerungsbestände (Kreisgliederung) sind nur für 5-Jahres-Altersgruppen verfügbar. Die Umschätzung in eine Gliederung nach einzelnen Altersjahren ist aufwendig, aber notwendig. 2. Die Geburten nach dem Alter der Mutter sind auf Kreis-Ebene im DIW unter Verwendung von regionsspezifischen Annahmen über das Altersprofil der Maternitätsfunktion geschätzt worden. Diese Schätzungen können als relativ zuverlässig eingestuft werden, sind aber sehr aufwendig. Es wird empfohlen, bei diesem Verfahren zu bleiben und auf originäre Daten zu verzichten. Zu den Gründen für diese Empfehlung ist an anderer Stelle eingegangen worden⁴³. 3. Die Wanderungen zwischen den Kreisen müssen aus den Ur-Daten der Kreis-Strommatrix 328×328 die unvollständig ist, und aus den Daten der Wanderungsstatistik, die die vollständigen Randsummen der Kreis-Strommatrix enthält, geschätzt werden. Diese Schätzungen sind sehr aufwendig; eine Alternative gibt es jedoch nicht.

(b) Ökonometrisches Modell auf Bundesebene

Eine vollständige Auflistung des Datenbedarfs würde den Rahmen dieser Übersicht sprengen. Es handelt sich aber hier um einen Bereich, der zu den kontinuierlichen Arbeiten des DIW zählt und dessen Datenbasis keine besonderen Probleme aufwirft. Im wesentlichen werden die vom Statistischen Bundesamt zur Verfügung gestellten Daten der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung verarbeitet und durch eigene Schätzungen des DIW ergänzt (Input-Output-Tabellen des DIW, Kapitalberechnungen des DIW u.a.m.).

⁴³ Die Schätzungen für die Regionen müssen in ihrer Summe mit dem Bruttoinlandsprodukt übereinstimmen, das mittels des ökonometrischen Modells auf Bundesebene ermittelt wird. Zur Herstellung der Kompatibilität können Niveaukorrekturen durchgeführt werden.

⁴⁴ H. Birg: Berechnungen zur langfristigen Bevölkerungsentwicklung in den 343 Stadt- und Landkreisen der BRD. In: Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung, Heft 2, 1980.

(c) Erwerbsbeteiligungsmodell

Statistische Basis für das Erwerbsbeteiligungsmodell sind vor allem (a) die nach Alter und Geschlecht differenzierten Bevölkerungsbestandsdaten, (b) bestimmte Variablen aus dem ökonometrischen Modell (Arbeitslosigkeit) und (c) zahlreiche Merkmale aus dem Mikrozensus (die Kombination der Merkmale Alter, Geschlecht, verheiratet/nicht verheiratet, Zahl der Kinder unter 6 Jahren, Zahl der geleisteten Wochenarbeitsstunden). Datenprobleme bestehen nicht.

(d) Kern-Modell der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose

Datenbedarf:

- Bevölkerungsprognose nach Alter und Geschlecht (ohne Wanderungen) für die 328 Stadt- und Landkreise bzw. der Datenbedarf für diese Prognose (s. dort).
- Gliederung der Beschäftigtenzahl (= besetzte Arbeitsplätze) nach 328 Kreisen und 18 Wirtschaftssektoren sowie Shift-Analyse der Beschäftigtenentwicklung für die Vergangenheit und die Zukunft.

Datenverfügbarkeit:

Der mit der regionalen Bevölkerungsprognose verbundene Datenbedarf läßt sich mit den jährlich verfügbaren Statistiken decken. Der Bedarf an Daten über die Beschäftigtenstruktur in den Stadt- und Landkreisen kann ebenfalls jährlich gedeckt werden, wenn es in der Zukunft ebenso wie in der Vergangenheit gelingt, die Beschäftigtenstatistik ohne Lücken zu erhalten.

Besonderheiten und Probleme:

Der Berufspendleraldo der Regionen (Kreise) ist die einzige Variable des Kern-Modells, die nicht einer Amtlichen Statistik mit jährlicher Periodizität zu entnehmen ist, sondern nur aus der Volkszählung.

(e) Anhangmodelle

Der wesentliche Input der Anhangmodelle sind nicht empirische Daten, sondern Hypothesen zur Untergliederung des Outputs der übrigen Modelle. Insofern stellt sich hier das Problem nicht, Datenbedarf und Datenverfügbarkeit einander gegenüberzustellen. Eine Ausnahme von dem Gesagten bildet das Modell zur Untergliederung der Bevölkerung in Erwerbspersonen und Nicht-Erwerbspersonen. Die Lösung dieses Schätzproblems würde sich erübrigen, wenn die Daten der nächsten Volkszählung verfügbar wären. So lange dies nicht der Fall ist, können aber auch Schätzungen über die nach Altersgruppen, Geschlecht und Regionen differenzierten Erwerbsquoten herangezogen werden, die von der Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung gemeinsam mit der Prognos AG erarbeitet wurden.

3.4.2 Der Aufwand für eine Neuschätzung aller Modellbeziehungen und für Alternativrechnungen

Der Aufwand für eine Neuschätzung der empirischen Beziehungen in den verschiedenen Teilmodellen gliedert sich in folgende Teile:

- Beschaffung des Datenmaterials,
- Prüfung des beschafften Materials auf Fehler und Vollständigkeit,
- Schätzung der verschiedenen Dateien für die einzelnen Modelle des Gesamtsystems aus den Roh-Daten, beispielsweise der nach einzelnen Altersjahren und Geschlecht differenzierten Bevölkerungsbestände in den Kreisen, der Geburten in den Kreisen nach dem Alter der Mutter, der Wanderungsströme zwischen den Regionen u.a.,
- Neuschätzung der empirischen Beziehungen zwischen den Variablen, z.B. Wanderungsfunktionen.

Insgesamt bildet die Neuschätzung der empirischen Beziehungen den größten Teil des Gesamtaufwandes bei einer Anwendung des Modellsystems. Eine zeitliche Spezifizierung des Aufwandes ist an dieser Stelle nicht möglich, zumal der zeitliche Aufwand auch davon abhängt, ob die Daten der nächsten Volkszählung verfügbar sein werden. Insgesamt muß aber mit einem Mindestaufwand von ein bis zwei Jahren gerechnet werden, wobei diese Schätzung von der Annahme ausgeht, daß ein mit den Detailproblemen vertrautes Arbeitsteam zur Verfügung steht.

Der Aufwand für Alternativrechnungen auf der Basis eines neu geschätzten Modells läßt sich nur für die einzelnen Modellsysteme getrennt abschätzen. Besonders einfach lassen sich Alternativrechnungen mit dem Kern-Modell der regionalen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose durchführen, für das ein leistungsfähiges lineares Programmierungs-Modell zur Verfügung steht (Software der Control-Data-Rechenanlage, Freie Universität Berlin). Auch für die meisten übrigen Teilmodelle, insbesondere für die Anhangmodelle, ist eine Alternativrechnung nicht sehr aufwendig. Der Gesamtaufwand für Alternativrechnungen hängt aber davon ab, welche Teilmodelle von alternativen Annahmensetzungen betroffen sind. Dabei kann sich insgesamt ein sehr hoher zeitlicher Aufwand ergeben, wenn viele der Teilmodelle oder wenn besonders aufwendige Teilmodelle wie die Bevölkerungsprognose für die 328 Stadt- und Landkreise durch die Annahmenveränderung betroffen sind. Allgemeine Aussagen hierzu sind daher kaum möglich.

3.5 Normative Setzungen und politische Abstimmungsprozesse

Eine Besonderheit des Kern-Modells der regionalen Bevölkerungs- und Arbeitsplatzprognose besteht darin, daß die normativ zu setzenden bzw. nur politisch entscheidbaren zentralen Steuerungsgrößen als solche expliziert sind, so daß die Bedeutung der entsprechenden Annahmen für die Ergebnisse des Modellsystems quantitativ angegeben werden kann. Zu diesen zentralen Steuerelementen gehören folgende Größen:

- Vorgabe von Obergrenzen über die höchstzulässige Arbeitslosenquote in den Regionen,
- Vorgabe von Obergrenzen für den Anteil der Ausländer an der regionalen Wohnbevölkerung,
- Vorgabe von Ober- bzw. Untergrenzen über die Bevölkerungsabwanderung bzw. die Bevölkerungszuwanderung zwischen den 11 Bundesländern (Wanderungssalden der Länder).

Besonders die letzte Gruppe von Annahmen, die Vorgaben für die Wanderungssalden zwischen den 11 Bundesländern, bestimmen die Ergebnisse des Gesamtmodells auf das Nachhaltigste, denn für die regionale Bevölkerungsentwicklung haben die Wanderungen eine wesentlich höhere Bedeutung als die Geburten und Sterbefälle. Die Setzung von Ober- und Untergrenzen für die Wanderungssalden der Bundesländer sollte dabei so vorgenommen werden, daß die entsprechenden Trends der Vergangenheit nicht negiert oder auf den Kopf gestellt werden. Die Akademie für Raumforschung und Landesplanung hat in Anbetracht der Bedeutung, die eine fundierte Analyse der Wanderungsströme zwischen den Bundesländern in der Vergangenheit für die Setzung realistischer Annahmen in regionalen Bevölkerungsprognosen hat, ein Forschungsprojekt an den Verfasser vergeben⁴⁵. Die Ergebnisse könnten in das vorgeschlagene Modellsystem eingehen.

Bei der bisherigen Anwendung des Kern-Modells hat der Verfasser die politisch zu setzenden Vorgaben für die maximal zulässigen Arbeitslosenquoten durch Interpretation der von der Politik intendierten Ziele selbst gesetzt. Das gleiche gilt für die Vorgabe des maximal zulässigen Anteils der Ausländer und für die Wanderungssalden zwischen den Bundesländern. Dieses Vorgehen wird den Dingen nicht genügend gerecht. Es ist daher zu hoffen, daß die an der Zukunftsplanung und Entscheidungsvorbereitung beteiligten Ressorts auf Bundesebene und in den Ländern die Möglichkeiten erkennen, die das Modell für eine konsistente Abstimmung der zukunftsbezogenen Planungsdaten bietet. Entsprechende Versuche hat es wiederholt gegeben. Die Chance, die sich mit einer erneuten Anwendung des Modellsystems böte, sollte genutzt werden.

⁴⁵ H. Birg unter Mitarbeit von D. Filip und K. Hilge: Verflechtungsanalyse der Bevölkerungsmobilität zwischen den Bundesländern von 1950 bis 1980. Bd. 8 der Materialien des Instituts für Bevölkerungsforschung und Sozialpolitik, Universität Bielefeld, Bielefeld 1983.

Literaturverzeichnis

- P.A. Allaman, T.J. Tardiff*: Usefulness of Indicators of Household Structure and Characteristics of Residential Zones in Trip Generation Methods. Paper presented at the 61st Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington D.C. 1982.
- Arbeitsgemeinschaft Kocks Consult GmbH und Prognos AG*: Fernverkehr in der Bundesrepublik Deutschland unter Bedingungen einer Energieverknappung, Band 3: Personenverkehr. Untersuchung im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Düsseldorf 1979 (als Manuskript vervielfältigt).
- B. Bartholmai*: Integrierte regionale Analyse und Prognose der sozioökonomischen Leitgrößen für den Güterverkehr in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 1990. Gutachten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1974 (als Manuskript veröffentlicht).
- B. Bartholmai, H. Birg u.a.*: Möglichkeiten und Grenzen der Regionalisierung der sektoralen Strukturberichterstattung. Gutachten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung in Zusammenarbeit mit dem Institut für Siedlungs- und Wohnungswesen, Münster, Koordination W. Kirner und R. Thoss, in: Beiträge zur Strukturforschung des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, Heft 64, Berlin 1981, S. 70.
- B. Bartholmai* unter Mitarbeit von *H.J. Joswiak*: Analyse und Prognose der sozioökonomischen Leitdaten für den Güterverkehr in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 1990. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1974.
- M. Ben-Akiva, S. Lerman*: Travel Behaviour, Theories, Models and Prediction Methods, Vorlesungsmanuskript, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge/USA 1982.
- H. Birg*: Analyse und Prognose der Bevölkerungsentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland und in ihren Regionen bis zum Jahr 1990, Berlin 1975.
- H. Birg*: Arbeitsplatzentwicklung und Lohnniveau in Arbeitsmarktregionen der Bundesrepublik Deutschland. Gutachten im Auftrag des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1973 (unveröffentlicht).
- H. Birg*: Berechnungen zur langfristigen Bevölkerungsentwicklung in den 343 kreisfreien Städten und Landkreisen der BRD, in: Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung, Heft 2, 1980.
- H. Birg*: Bevölkerungsentwicklung, in: Die Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf Struktur und Niveau der Gesamtnachfrage. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1981 (unveröffentlicht).
- H. Birg*: On the Interactions of Job Creation, Migration and Natural Population Increase within the Framework of a Dynamic Demo-economic Model, in: Environment and Planning, 1982.
- H. Birg*: Zur Interdependenz der Bevölkerungs- und Arbeitsplatzentwicklung — Grundlagen eines simultanen interregionalen Modells für die Bundesrepublik Deutschland, Berlin 1979.
- H. Birg*: Regionale Mortalitätsunterschiede in der BRD — Ein Problemaufriß, in: Materialien des Instituts für Bevölkerungsforschung und Sozialpolitik, Nr. 4, Universität Bielefeld, 1982.
- H. Birg, J. Blazejczak, B. Görzig, W. Kirner, W. Müller, F. Stille*: Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf Struktur und Niveau der Gesamtnachfrage. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft, Berlin 1981 (als Manuskript vervielfältigt).
- H. Birg* und Mitarbeiter: Prognose des regionalen Angebots an Arbeitsplätzen, Berlin 1975.
- J. Blazejczak*: Das DIW-Langfristmodell, Version 1982–1. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1982 (unveröffentlicht).
- J. Blazejczak*: Das DIW-Programm als Beispiel beschäftigungssichernder Finanzpolitik — Eine ökonomische Analyse, in: C. Schäfer, H. Tofaute (Hrsg.), Beschäftigungssichernde Finanzpolitik, Eine Chance für Vollbeschäftigung, Frankfurt 1981.
- J. Blazejczak*: Erwerbspersonenprognose, in: Die Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf Struktur und Niveau der Gesamtnachfrage. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1981 (unveröffentlicht).
- J. Blazejczak*: Schätzung von Faktornachfragefunktionen, in: Materialband 1 zur Strukturberichterstattung 1980 des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, S. 173 ff.
- J. Blazejczak, D. Teichmann, R. Zwiener*: Simulation alternativer Wachstumsstrategien mit ökonomischen Modellen, in: Beihefte der Konjunkturpolitik, Heft 27/1980.
- H.J. Borries*: Entwicklung der Zahl der deutschen Privathaushalte 1961 bis 1990, in: Wirtschaft und Statistik, Heft 9, 1979.
- H.J. Borries*: Vorauschätzung der Zahl der Privathaushalte bis 1985, in: Wirtschaft und Statistik, Heft 6, 1973.
- W. Brög, D. Heuwinkel, K.H. Neumann*: Psychological Determinants of User Behaviour. Round Table 34, European Conference of Ministers of Transport, Paris 1977.
- Charles Rivers Associates*: Disaggregate Travel Demand Model, Project 8–13: Phase II Report, Boston 1978.
- C.C. Chung, P.O. Roberts*: Design of a Structure and Data Analysis Scheme for Intercity Freight Demand Forecasting, Massachusetts Institute of Technology, CTS Report No. 75–15, 1975.

- R.M. Coen*: Effects of Tax Policy on Investment in Manufacturing, in: *The American Economic Review, Papers and Proceedings*, Vol. LVIII, Nr. 2, 1968, pp. 200–211.
- R.M. Coen*: The Effect of Cash Flow on the Speed of Adjustment, in: G. Fromm, ed.: *Tax Incentives and Capital Spending*, Amsterdam, London 1971, pp. 131–196.
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung*: Personenverkehrsnachfrage und private Motorisierung, in: *Wochenbericht des DIW*, Nr. 19/78, Bearbeiter: U. Voigt.
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (Hrsg.)*: Der Energieverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland und seine Deckung bis zum Jahre 1995, Essen 1981.
- T. Domencich, D. McFadden*: *Urban Travel Demand*, Amsterdam/Oxford/New York 1975.
- W. Eckert*: Die Entwicklung des Angebots an Arbeitsplätzen in den nach Gemeinden abgegrenzten Arbeitsmarktregionen von 1970 bis 1985. Gutachten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Ministeriums für Wirtschaft und Verkehr des Landes Rheinland-Pfalz, Berlin 1981 (unveröffentlicht).
- O. Eckstein (ed.)*: *The Econometrics of Price Determination*, Washington D.C. 1972.
- O. Eckstein, G. Fromm*: The Price Equation, in: *The American Economic Review*, Vol. 53, No. 5, 1968, pp. 1159–1183.
- M. Eisner, R.S. Pindyck*: A Generalized Approach to Estimation as Implemented in the TROLL/1 System, in: *Annals of Economic and Social Measurement*, Vol. 2, No. 1 (1973), pp. 29–51.
- D.L. McFadden*: Joint Estimation of discrete and continuous choice in freight transportation, Massachusetts Institute of Technology, 1981.
- H.J. Frank, P. Lünsdorf*: Integrierte Langfristprognose für die Verkehrsnachfrage im Güter- und Personenverkehr in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 1990 — Projektion des Güter- und Personenverkehrs sowie der Verkehrsströme, Teil 3 — Güterverkehr. Gutachten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1975.
- A.F. Friedlander, R.H. Spady*: A derived demand function for freight transportation, in: *The Review of Economics and Statistics*, Vol. LXII, August 1980, No. 3, p. 432 f.
- M. Friedman*: *A Theory of the Consumption Function*, Princeton 1957.
- H.P. Galler*: Das Bevölkerungsmodell des SPES-Projekts — ein Modell auf Individualdatenbasis zur Vorausschätzung von Familien- und Haushaltsstrukturen, in: *Allgemeines Statistisches Archiv*, Heft 4/1977.
- H.-P. Gatzweiler, G. Stiens*: Regionale Mortalitätsunterschiede in der BRD, in: *Jahrbuch für Regionalwissenschaft*, Nr. 3, 1982.
- B. Görzig*: Die Entwicklung des Wachstumspotentials in den Wirtschaftsbereichen der BRD. Beiträge zur Strukturforschung des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, Heft 18, Berlin 1972.
- H. Hautzinger, P. Kessel*: Determinanten der Verkehrsmobilität, Bonn–Bad Godesberg 1977.
- H. Hautzinger, P. Kessel und Mitarbeiter*: Mobilität im Personenverkehr. Untersuchung der Prognos AG im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Basel 1976 (als Manuskript vervielfältigt).
- D.A. Hensher, L.W. Johnson*: *Applied Discrete Choice Modelling*, London/New York 1981.
- R. Hopf*: Entwicklungstendenzen der Verkehrsnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000. Gutachten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1978.
- R. Hopf, H. Rieke, U. Voigt*: Analyse und Projektion der Personenverkehrsnachfrage in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000. Beiträge zur Strukturforschung des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, Heft 70, Berlin 1982.
- S.M. Howe, G.S. Cohen*: Statewide Disaggregate Attitudinal Models for Primary Mode Choice, in: *Transportation Research Record* No. 610, Washington D.C. 1976.
- D.W. Jorgenson*: Anticipations and Investment Behavior, in: J.S. Duesenberry, G. Fromm, L.R. Klein, E. Kuh, eds.: *The Brookings Quarterly Econometric Model of the United States*, Chicago 1965.
- D.W. Jorgenson*: Capital Theory and Investment Behavior, in: *The American Economic Review*, Vol. 53, No. 2, 1963, pp. 247–259.
- Kernforschungsanlage Jülich GmbH*: Die Entwicklungsmöglichkeiten der Energiewirtschaft in der Bundesrepublik Deutschland. Untersuchung mit Hilfe eines dynamischen Simulationsmodells, Jülich 1977.
- P. Kessel, K. Gresser, W. Konanz*: Entwicklung eines Güterfernverkehrsmodells. Gutachten der Beratergruppe Verkehr und Umwelt im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, o.O., o.J. (Projektbeschreibung).
- W. Kirner*: Projektion von Komponenten der demographischen und der wirtschaftlichen Entwicklung in den Regionen bis zum Jahr 2000. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1978 (unveröffentlicht).
- W. Kirner*: Projektion von Komponenten der wirtschaftlichen Entwicklung in den Regionen — Integrierte Langfristprognose für die Verkehrsnachfrage im Güter- und Personenverkehr in der BRD bis zum Jahr 1990. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1975 (unveröffentlicht).
- L.R. Klein*: The Supply Side, in: *The American Economic Review*, Vol. 68, No. 1, 1978, pp. 1–7.
- Kocks Consult GmbH*: Simulation der Auswirkungen einer Energieverknappung in regionalen Verkehrssystemen eines Ballungsgebietes. Untersuchung im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Koblenz 1977 (als Manuskript vervielfältigt).
- H. König*: Neoklassische Investitionstheorie und Investitionsverhalten in der Bundesrepublik Deutschland, in: *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, Bd. 190, 1976, S. 316–348.
- W. Konanz, H. Hautzinger, P. Kessel, K. Schilling*: Fernverkehr in der Bundesrepublik Deutschland unter Bedingungen einer Energieverknappung — Untersuchungsteil Güterverkehr. Untersuchung der Kocks Consult und der Prognos AG im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Basel 1978.

- F.J. Koppelman*: Alternative aggregation procedures, Massachusetts Institute of Technology, Center for Transportation Studies, CTS-Report 75-10, 1975.
- F.J. Koppelman*: Prediction with disaggregate models: The aggregation issue, in: *Transportation Research Record* Nr. 527, Washington D.C. 1974.
- W. Krelle*: Erfahrungen mit einem ökonomischen Prognosemodell für die Bundesrepublik Deutschland, Meisenheim am Glan 1974.
- W. Krelle*: Investitionsfunktionen, in: *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft*, Bd. 4, 1978, S. 275-293.
- W. Krelle, D. Beckerhoff, H.G. Langer, H. Fuss*: Ein Prognosesystem für die wirtschaftliche Entwicklung der Bundesrepublik Deutschland, Meisenheim am Glan 1969.
- W. Krelle, R. Pauly*: Konsum und Investitionen des Staates bis 1985, Göttingen 1976.
- H.-J. Krupp*: Grundlagen und Anwendung mikroanalytischer Modelle, in: *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*, Heft 1/1982.
- H.-J. Krupp*: The role of public employment in an integrated mid-term programme for the recovery of full-employment in the Federal Republic of Germany, in: *Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung*, Heft 1/81.
- H.-J. Krupp*: Staatsverschuldung — Mittel oder Hemmschuh der zukünftigen Wachstums- und Beschäftigungspolitik?, in: *Beihefte der Konjunkturpolitik*, Heft 27/1980.
- H. Kuhfeld, J. Niklas*: Die Entwicklung des Personenverkehrs in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000. Beiträge zur Strukturforschung des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, Heft 77/1983.
- E. Kutter*: Demographische Determinanten städtischen Personenverkehrs, Braunschweig 1972.
- J. Lange, G.H. Remboldt*: Die interregionale, sektorspezifische Güterverflechtung in der Bundesrepublik Deutschland, Institut für Wirtschaftspolitik und Wirtschaftsforschung der Universität Karlsruhe, Discussion Paper 2/77.
- P. Lünsdorf*: Die Entwicklung des Güterverkehrs in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahre 2000. Gutachten des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Berlin 1980 (als Manuskript veröffentlicht).
- P. Lünsdorf*: Die Güterverkehrsnachfrage in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland 1970 und 1990. Beiträge zur Strukturforschung des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, Heft 43/V, Berlin 1976.
- P. Möller*: Entwicklung von Bevölkerung und Haushalten in der Bundesrepublik Deutschland bis zum Jahr 2000, Berlin 1982.
- W. Müller*: Prognose der privaten Haushalte bis zum Jahr 2000, in: *Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf Struktur und Niveau der Gesamtnachfrage*. Gutachten im Auftrag des Bundesministers für Wirtschaft, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin 1981 (unveröffentlicht).
- S. Nolte*: Korrelations- und Regressionsprogramm, erstellt im Auftrag des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, Berlin 1974.
- G.H. Orcutt, S. Caldwell, R. Wertheimer*: Policy Exploration through Microanalytic Simulation, Washington 1976.
- H. Quinke* (Zusammenstellung): Bonner Modell 5.5. Vervielfältigte Dokumentation, Bonn 1978.
- M.G. Richards, M.E. Ben-Akiva*: A Disaggregate Travel Demand Model, Westview/Lexington 1975.
- P.O. Roberts*: Forecasting freight demand, in: M. Nijhoff (ed.): *Transport decisions in an age of uncertainty*, Proceedings of the third World Conference on Transport Research in Rotterdam, 26.-28.4.1977, Den Haag/Boston 1977.
- J. Salomon, M.E. Ben-Akiva*: The Use of the Life Style Concept in Travel Demand Models, Paper presented at the 61st meeting at the Transportation Research Board, Washington D.C. 1982.
- Socialdata und Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt*: Individualverhaltensmodell des Personenverkehrs auf der Basis des Situationsansatzes. Studie im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, München und Köln 1982.
- Sozialforschung Brög*: KONTIV, Methoden, Bd. 1, München 1975.
- R. Stäglin*: MODOP — ein Verfahren zur Erstellung empirischer Transaktionsmatrizen, in: *Anwendungen statistischer und mathematischer Methoden auf sozialwissenschaftliche Probleme*, Arbeiten zur angewandten Statistik, Würzburg 1972, Hrsg. H. Münzner und W. Wetzel.
- Statistisches Bundesamt*: Fachserie 5, Bautätigkeit und Wohnungen, 1% Wohnungsstichprobe 1978, Heft 1, Grundlagen der Erhebung, Stuttgart/Mainz 1980, S. 12/13.
- Statistisches Bundesamt*: Fachserie A, Bevölkerung und Kultur, Volkszählung vom 27.5.1970, Heft 2, Ausgewählte Strukturdaten für nichtadministrative Gebietseinheiten und Heft 4.2, zusammengefaßte Daten über Bevölkerung und Erwerbstätigkeit für nicht administrative Gebietseinheiten, Stuttgart/Mainz 1972.
- Statistisches Bundesamt*: Fachserie C, Unternehmen und Arbeitsstätten, Arbeitsstättenzählung vom 27.5.1980, Sonderheft 2.
- A. Steger*: Haushalte und Familien bis zum Jahr 2000 — Eine mikroanalytische Untersuchung für die Bundesrepublik Deutschland, Frankfurt/New York 1980.
- T.J. Tardiff*: Comparison of Effectiveness of various Measures of socioeconomic Status in Models of Transportation Behaviour, in: *Transportation Research Record* No. 534, Washington D.C. 1975.
- U. Voigt*: Die Personenverkehrsnachfrage in den Regionen der Bundesrepublik Deutschland 1970 und 1990. Beiträge zur Strukturforschung des Deutschen Instituts für Wirtschaftsforschung, Heft 43/III, Berlin 1977.
- M.J. Wermuth*: Struktur und Effekte von Faktoren der individuellen Aktivitätennachfrage als Determinanten des Personenverkehrs, Bad Honnef 1978.
- M.J. Wermuth*: Ein situationsorientiertes Verhaltensmodell der individuellen Verkehrsmittelwahl, in: *Zeitschrift für Regionalwissenschaft*, Heft 1/80, S. 94 ff.

M.J. Wermuth: Verhaltensorientierte Verkehrsnachfragemodelle — Konzeption und praktische Anwendbarkeit, o.O., o.J.
C.M. Winston: A disaggregate qualitative mode choice model for intercity freight transportation, Ph. D. Thesis, Berkeley 1981.
C.M. Winston: A disaggregate model of the demand for intercity freight transportation, in: Econometrica, Vol. 49, No. 4 (Juli 1981), S. 981 ff.