

H. D. HOPPEN / B. KASHAMMER

Empirische Untersuchungen der Wanderungsströme innerhalb des Bundesgebietes*

Wesentliche Grundlagen jeder an vorhandenem und künftigen Bedarf orientierten Regional- und Verkehrsplanung sind Annahmen über die künftige Bevölkerungsverteilung. Aus den Schätzungen der autonomen Planungsinstanzen von Teilregionen lassen sich keine konsistenten Schätzungen eines künftigen Verteilungsmusters herleiten, weil bisher fast alle Teilregionen ihr Wachstumspotential überschätzen, da in der Vergangenheit erzielte Wanderungsgewinne auch für die Zukunft erwartet werden oder davon ausgegangen wird, daß bisher eingetretene Wanderungsverluste nicht länger fortbestehen.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es ursprünglich, mit Hilfe des erst in allerjüngster Zeit verfügbaren Beobachtungsmaterials interregionaler Wanderungsströme eine „theoretische“ Wanderungsstromtabelle für das Bundesgebiet auf dem Aggregationsniveau der 78 Regionen der Bundesfernstraßenplanung (BMV-Regionen) zu erstellen. Eine derartige theoretische Wanderungsstromtabelle ist in zweifacher Hinsicht von Bedeutung: Bei weitgehender statistischer Erklärung der beobachteten Wanderungsströme kann eine Wanderungsstromtabelle sowohl für Zeitpunkte in der Vergangenheit, für die keine Beobachtungen vorliegen, als auch für Zeitpunkte in der Zukunft erstellt werden, und es ist dann möglich, aus den prognostizierten Wanderungsströmen die künftige regionale Bevölkerungsverteilung abzuleiten.

Dieses Ziel konnte beim derzeitigen Stand der empirisch-statistischen Vorarbeiten noch nicht erreicht werden. Es ließen sich jedoch einige Determinanten des Bevölkerungsumverteilungsprozesses in ihrer Bedeutung quantifizieren, wenngleich insgesamt noch nicht in einem Umfang, der es zuläßt, die Wanderungsströme selbst theoretisch zu schätzen. Mit Hilfe eines erweiterten Gravitationsmodells können knapp 50 % der Varianz der beobachteten Wanderungsströme erklärt werden; zugleich ist weitgehend absehbar, in welche Richtung noch Vorarbeiten unternommen werden müssen, um mit einem vertretbaren Unsicherheitsbereich eine theoretische Wanderungsstromtabelle zu erstellen.

1. Änderungen regionaler Bevölkerungsverteilungen

1.1 „Wanderungen“

Unter „Wanderungen“ werden Wohnortveränderungen von Personen verstanden¹. Dementsprechend werden die sogenannten „Pendelwanderungen“, die regelmäßige räumliche Bewegungen zwischen den Arbeits- und Ausbildungsstätten und den Wohnsitzen darstellen, nicht

als Wanderungen erfaßt. Ebenso gehört der „Reiseverkehr“ nicht zu den oben definierten Wanderungen. Wanderungen innerhalb einer Region werden als „Binnenwanderungen“, diejenigen über die Grenzen einer Region hinweg als „Außenwanderungen“ bezeichnet. Die Abgrenzung der Regionen erfolgt in der Regel nach Verwaltungs- oder Planungsgrenzen, z. B. nach den Grenzen von Gemeinden, Kreisen oder Planungsgemeinschaften, so daß nur dann ein Außenwanderungsfall erfaßt wird, wenn der Wohnort über diese Grenzen verlegt wird.

Untersuchungsobjekt der vorliegenden Analyse sind die „interregionalen Wanderungen“, das heißt die Wanderungen zwischen jeweils einer Zielregion und einer Herkunftsregion. Hierbei unterscheidet die angelsächsische Literatur „migration streams“ und „migration differentials“². Werden die „migration differentials“ betrachtet, so stellt die Untersuchung auf das Wanderungsverhalten nach bestimmten Merkmalen wie Geschlecht, Erwerbstätigkeit, Alter ab. Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit den „migration streams“, das heißt, es wird nur der Umfang der interregionalen Wanderungsströme betrachtet und analysiert.

Wanderungen lassen sich in Matrixform darstellen, wobei R_i ($i = 1, \dots, N$) die Herkunftsregionen, R_j ($j = 1, \dots, N$) die Zielregionen und x_{ij} die Anzahl der Wanderungen von R_i nach R_j zu einem Zeitpunkt t sind:

R_j	R_1	R_2	R_3	...	R_N	Σ
R_i						
R_1	—	x_{12}	x_{13}	...	x_{1N}	$x_{1\cdot}$
R_2	x_{21}	—	x_{23}	...	x_{2N}	$x_{2\cdot}$
R_3	x_{31}	x_{32}	—	...	x_{3N}	$x_{3\cdot}$
...	...	...	...	...	...	...
R_N	x_{N1}	x_{N2}	x_{N3}	...	—	$x_{N\cdot}$
Σ	$x_{\cdot 1}$	$x_{\cdot 2}$	$x_{\cdot 3}$	...	$x_{\cdot N}$	$x_{\cdot \cdot}$

Da in der Matrix X nur interregionale Wanderungen erfaßt werden, sind die Zellen auf der Hauptdiagonalen der Matrix unbesetzt. Die in der Matrix X erfaßten Wanderungsströme stellt eine zweidimensionale diskrete Häufig-

* Die Untersuchung erfolgte mit freundlicher Förderung der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

1 Vgl. Schwarz, K.: Demographische Grundlagen der Raumforschung und Landesplanung. — Hannover 1972. S. 224.

2 Vgl. Bogue, D. J.: International migration. In: Hauser, P. M.; O. D. Duncan: The study of population. — Chicago; London 1964. S. 486 ff.

keitsverteilung dar. Für die in der letzten Spalte bzw. Zeile ausgewiesenen Zeilen- bzw. Spaltensummen der Matrix X gilt:

$$x_{i\cdot} = \sum_{j=1}^N x_{ij} \quad \text{für } i = 1, \dots, N$$

$$x_{\cdot j} = \sum_{i=1}^N x_{ij} \quad \text{für } j = 1, \dots, N$$

Diese Zeilensummen $x_{i\cdot}$ lassen sich als Elemente des Vektors $a' = Xe'$, die Spaltensummen $x_{\cdot j}$ als Elemente des Vektors $b = eX$ darstellen³. Dabei geben die Zeilensummen $x_{i\cdot}$ die Summe der Auswanderungen jeder Region i und die Spaltensummen $x_{\cdot j}$ die Summe der Einwanderungen jeder Region j an.

1.2 Demographische Gesamtrechnung

Durch Wanderungen zwischen den Teilräumen ändert sich die räumliche Bevölkerungsverteilung, sofern nicht jeder Auswanderung eine Einwanderung gleichen Umfanges gegenübersteht. Sieht man einmal von der natürlichen Bevölkerungsentwicklung durch Geburten und Sterbefälle ab und ergänzt die Wanderungsstrommatrix X (in der Hauptdiagonalen) durch die an ihren Wohnorten verbliebene Bevölkerung, so geben die Zeilensummen der neuen Matrix X den Bevölkerungsbestand der Regionen zu einem ersten Zeitpunkt t und die Spaltensummen den Bevölkerungsbestand der Regionen zu einem späteren Zeitpunkt $t + 1$ wieder. Die Vektoren a' bzw. b weisen somit die Bevölkerungsverteilungen für zwei aufeinanderfolgende Zeitpunkte aus.

Die natürliche Bevölkerungsentwicklung läßt sich durch Einfügen einer zusätzlichen Zeile für Geburten und einer zusätzlichen Spalte für Sterbefälle einbeziehen. Eine auf diese Art erweiterte Matrix X enthält die Anzahl der im betrachteten Zeitraum nicht wandernden Personen, die interregionalen Wanderungen und die natürliche Bevölkerungsentwicklung. Die Elemente $x_{i\cdot}$ des Vektors a' , das heißt die Zeilensummen, repräsentieren jetzt die Gesamtbevölkerung zum Zeitpunkt t ; die Elemente $x_{\cdot j}$ des Vektors b , das heißt die Spaltensummen, entsprechen nun der Gesamtbevölkerung zum Zeitpunkt $t + 1$.

Werden weitere Merkmale, wie z. B. Geschlecht, Familienstand, Staatsangehörigkeit, Alter und Berufsgruppen, einbezogen, so läßt sich ein System einer demogra-

phischen Gesamtrechnung entwickeln⁴, das in der Lage ist, Interaktionen zwischen den verschiedenen Merkmalen aufzuzeigen. Dieses System einer demographischen Gesamtrechnung kann den jeweiligen Anforderungen entsprechend nach beliebig vielen Merkmalen differenziert werden; in der Praxis sind einer tiefen Disaggregation jedoch durch fehlendes Beobachtungsmaterial erhebliche Grenzen gesetzt.

Das System einer demographischen Gesamtrechnung entspricht formal der doppelten Buchführung. Regionale autonome Bevölkerungsveränderungen sowie exogen bedingte Änderungen – etwa durch Veränderungen des Gesamtgebietes – werden als Abgänge oder als Zugänge erfaßt. Dadurch ist die Konsistenz des Systems gesichert.

Die vorgenommene matrizielle Darstellung interregionaler Wanderungsströme in Form einer demographischen Gesamtrechnung setzt die Bekanntheit aller Elemente der Matrix X voraus. Bei empirischen Untersuchungen ist diese Bedingung in der Regel nicht erfüllt.

1.3 Schätzprobleme von Änderungen der Bevölkerungsverteilung

Es ist die Aufgabe gestellt, Änderungen der Bevölkerungsverteilung statistisch zu erklären, das heißt, es wird ein Modellmechanismus angenommen, der regionale Bevölkerungsverteilungen induziert. Dabei lassen sich prinzipiell drei Wege beschreiten:

- (1) Erklärung der Zeilen- und Spaltensummen der Matrix X . Es werden die Auswanderungen $x_{i\cdot}$ für jede Region i und die Einwanderungen $x_{\cdot j}$ für jede Region j mit Hilfe eines Erklärungsmodells geschätzt.
- (2) Erklärung der regionalen Wanderungssalden. Es wird nur die Nettoposition jeder Region geschätzt.
- (3) Erklärung der Elemente x_{ij} der Matrix X . Es werden die interregionalen Wanderungsströme jeder Region i nach jeder Region j geschätzt.

Jede der drei genannten Methoden ist prinzipiell verwendbar für eine Erklärung, das heißt Schätzung der Änderungen der regionalen Bevölkerungsverteilung.

Der Rechenaufwand für eine Schätzung der Spaltensummen und Zeilensummen oder der Wanderungssalden ist erheblich geringer als für eine Schätzung der Wanderungsströme. Jedoch entspricht bei einer Schätzung der Summen der „echten“ interregionalen Wanderungen, das heißt ohne Beachtung der natürlichen Bevölkerungsentwicklung, in der Regel die Summe der Auswanderungen nicht der Summe der Einwanderungen, das heißt $ea' \neq be'$. Entsprechend ist bei der Schätzung der Salden die Summe der Salden ungleich Null. Folglich liegt bei beiden Verfahren eine formale Inkonsistenz vor. Erklärt man jedoch die Elemente x_{ij} der Matrix X , so tritt diese Inkonsistenz nicht auf; dann gilt $ea' = be'$.

³ Der Vektor e ist der Einheitsvektor.

⁴ Vgl. Freytag, H. L.: Zum Zusammenhang zwischen dem System einer demographischen Gesamtrechnung und den systemanalytischen Arbeiten an dem Heidelberger Projekt. In: Schulwahl und Schulsystem. — Weinheim: Berlin; Basel 1969. = Schriftenreihe der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung. S. 33 ff.

Darüber hinaus gibt es noch einen weiteren Grund für eine Schätzung der interregionalen Wanderungsströme selbst: Sind die Elemente x_{ij} der Matrix X bekannt, so lassen sich zwei oder mehrere Regionen aggregieren. Bei dieser Aggregation zu größeren Gebietseinheiten wird ein Teil der Wanderungsströme, die bisher interregionaler Art sind, internalisiert. Dieser Anteil der interregionalen Wanderungen, die nach einer Aggregation zu intraregionalen Wanderungen werden, ist bei Verwendung von Wanderungssummen nicht bestimmbar, und somit ist eine Aggregation nicht durchführbar.

Aus dem vorstehend Gesagten ergibt sich, daß eine Erklärung der interregionalen Wanderungsströme einer Erklärung der Wanderungssummen und -salden vorzuziehen ist.

2. Determinanten interregionaler Wanderungen

2.1 Untersuchungsobjekt und Datenbasis

Die Bundesrepublik Deutschland ist im Untersuchungszeitraum von 1965 bis 1967 in 563 Kreise eingeteilt. Die entsprechende Wanderungsmatrix für jedes Jahr enthält folglich über 300 000 Elemente und stellt die Zuzüge der einzelnen Stadt- und Landkreise nach ihren jeweiligen Herkunftskreisen sowie die Fortzüge der Kreise nach ihren Zielkreisen dar⁵. Es sind jedoch nur etwa 18 000 Elemente pro Jahr als von Null verschieden ausgewiesen⁶.

Da das Ziel der Untersuchung eine Sichtbarmachung von Wanderungsströmen zwischen den Regionen des Bundesverkehrsplanes ist, wäre – wegen der Verringerung des Rechenaufwandes – eine Reduktion des Beobachtungsmaterials in Form einer Aggregation auf diese Planungsregionen wünschenswert. Wenn in allen Fällen $x_{ij} = 0$ tatsächlich keine Wanderungen stattfänden, so würde eine Zusammenfassung der Kreise zu den größeren Gebietseinheiten keine Schwierigkeiten bereiten. Das vorliegende Material enthält jedoch nur diejenigen Wanderungsströme, welche bei Landkreisen mindestens 20 Wanderungsfälle, bei kreisfreien Städten unter 100 000 Einwohner wenigstens 30 Wanderungsfälle und bei Großstädten wenigstens 50 Wanderungsfälle in einer Richtung pro Jahr umfassen⁷. Es werden folglich alle Wanderungsströme, welche diese – je nach Größenklassen der Regionen unterschiedlich definierte – Grenze nicht übersteigen, mit Null ausgewiesen. Dabei ist nach-

5 Für die Jahre 1965, 1966 und 1967 liegen diese Daten aus einer empirischen Untersuchung des Instituts für Soziologie der TU Berlin vor. Sie wurden den Autoren freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Vgl. Liedtke, B. H.; A. Pröger: Daten zur territorialen Mobilität in der BRD. Teil 2: Die Wandertabelle W 13. Berlin 1973. S. 17 ff. – Aus diesem Grunde werden die Jahre 1965, 1966 und 1967 als Untersuchungszeitraum gewählt.

6 Die Elemente x_{ij} für $i = j$, das heißt die nicht wandernden Personen, sind in der Wanderungsmatrix unbesetzt.

7 Vgl. Liedtke, B. H.; A. Pröger, a. a. O., S. 32 f.

Tabelle 1:

Aggregationsprobleme beim Vorliegen von Abschneidungsgrenzen

a) Ausgewiesene Wanderungen (bei einer Abschneidungsgrenze in Höhe von 50)

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	Σ
R ₁	—	0	0*	0*	55	0	55
R ₂	0	—	0*	0*	0	0	0
·	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·

Null mit *: Abschneidung vorgenommen

b) Tatsächliche Wanderungen

	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	Σ
R ₁	—	0	(45)	(45)	55	0	145
R ₂	0	—	(45)	(45)	0	0	90
·	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·

In Klammern: Besetzungen unterhalb der Abschneidungsgrenze

c) Aggregation der ausgewiesenen Wanderungen

	R _I	R _{II}	R _{III}	Σ
R _I	—	0	55	55
·	·	·	·	·
·	·	·	·	·

träglich nicht mehr festzustellen, in welchem Umfang ein derartiges „Abschneiden“ vorgenommen wurde. Das bedeutet, daß bei einer Aggregation der vorliegenden Regionen zu größeren Gebietseinheiten alle Wanderungsbewegungen, die unter der Abschneidungsgrenze liegen, vernachlässigt werden. Aus diesem Grund wird eine auf die BMV-Regionen aggregierte Matrix erheblich unterschätzte interregionale Wanderungsströme enthalten.

Hinzu kommt, daß in einer derart aggregierten Matrix ausgewiesene Wanderungsgrößen nicht nur zu gering, sondern auch in ihrer Struktur verzerrt wiedergegeben werden. Das wird am Beispiel in Tabelle 1 deutlich. Angenommen, die Abschneidungsgrenze liegt bei 50 Wanderungen pro Jahr. Aus einem Kreis R_1 wandern jeweils 45 Personen in die Kreise R_3 und R_4 , 55 Personen in den Kreis R_5 , niemand nach R_6 . Aus dem Kreis R_2 wandern jeweils 45 Personen in die Kreise R_3 und R_4 ; aggregiert man die Kreise R_1 und R_2 , R_3 und R_4 , R_5 und R_6 zu den Regionen I, II und III, dann werden in der aggregierten Matrix nur noch die 55 Wanderungsfälle von Region I nach Region III ausgewiesen, die 180 von Region I nach Region II wandernden Personen werden nicht berücksichtigt. Es wird deutlich, daß durch Abschneidungsgrenzen Verzerrungen der Wanderungs-

struktur auftreten, wobei sich über Art und Umfang dieser Verzerrungen im allgemeinen keine Aussagen machen lassen.

2.2 Anwendung des „klassischen“ Gravitationsmodells

Ausgangspunkt einer Erklärung der Wanderungen zwischen den BMV-Regionen ist das „klassische“ Gravitationsmodell, mit dem bei einer Untersuchung der Wanderungsströme im Regierungsbezirk Nordbaden bereits ein guter Erklärungswert erzielt wurde⁸. Wegen der durch die Abschneidungsgrenzen verursachten Lücken des Datenmaterials lassen sich die kreismäßig erfaßten Wanderungsströme nicht zu Wanderungsströmen der BMV-Regionen zusammenfassen. Aus diesem Grund sind Schätzungen für BMV-Regionen nicht unmittelbar durchzuführen. Daher müssen zuerst theoretische Werte der Wanderungsströme auf Kreisbasis geschätzt werden. Liegen diese Schätzwerte vor, lassen sie sich zu theoretischen Wanderungsströmungen der größeren Gebietseinheiten aggregieren. Um die theoretischen Wanderungsströme zu schätzen, wird das „klassische“ Gravitationsmodell gewählt⁹:

$$w_{ij} = k \frac{B_i^a B_j^b}{d_{ij}^c}$$

Die Parameter des Gravitationsmodells werden mit Hilfe eines logarithmisch-linearen Regressionsansatzes geschätzt:
 $\ln w_{ij} = \ln k + a \ln B_i + b \ln B_j - c \ln d_{ij}$

2.3 Ergebnisse

Die Parameterschätzung dieses Ansatzes erfolgt im einzelnen mit der einstufigen Kleinst-Quadrate-Methode für jedes der drei Jahre des Untersuchungszeitraumes. Die Ergebnisse der Schätzungen sind in Tabelle 2 zusammengestellt.
Die Schätzungen der Parameter des Modells weisen die theoretisch zu erwartenden Vorzeichen auf und sind – wie ein Vergleich mit ihren jeweils in Klammern aufgeführten Standardabweichungen zeigt – signifikant von Null verschieden¹⁰. Auch die Größenordnungen der

Tabelle 2: Ergebnisse der Schätzungen der Parameter eines „klassischen“ Gravitationsmodells

Jahr	ln k	a	b	c	R ²
1965	-2,234 (0,104)	0,423 (0,006)	0,384 (0,007)	-0,773 (0,007)	41,29
1966	-2,222 (0,100)	0,414 (0,006)	0,387 (0,006)	-0,752 (0,007)	42,40
1967	-2,511 (0,101)	0,424 (0,006)	0,396 (0,006)	-0,745 (0,007)	41,93

In Klammern: Standardabweichungen der Parameterschätzungen

Schätzwerte sind plausibel. Der statistische Erklärungswert des Modells (R²) von nur gut 40 % der Gesamtvarianz – das entspricht einem Korrelationskoeffizienten (R) von ungefähr 0,65 – ist verhältnismäßig gering. Das relative Niveau eines Wanderungsstromes x_{ij} wird somit durch das Gravitationsmodell nur zu gut 40 % erklärt und bleibt folglich zum überwiegenden Teil unbestimmt.
Dieser relativ geringe Erklärungswert des verwendeten Gravitationsmodells kann zum einen daran liegen, daß der gewählte theoretische Ansatz nicht ausreichend ist, zum anderen an mangelnder Qualität des Beobachtungsmaterials.

Das Gravitationsmodell stellt theoretisch auf die Erklärung von Beziehungen zwischen Punkten im Raum ab, während die Wanderungsbewegungen für Flächen (Stadt- bzw. Landkreise) ausgewiesen werden. Es liegt daher nahe, die Flächen der Ziel- und der Herkunftskreise als weitere unabhängige Variable einzubeziehen. Darüber hinaus werden als weitere Regressoren die jeweiligen Flächenformen in den Modellansatz aufgenommen als Indizes, welche die Abweichungen der tatsächlichen Form der Stadt- bzw. Landkreise von einem geometrischen Kreis, dessen Mittelpunkt im Bevölkerungsschwerpunkt liegt, erfassen¹¹:

$$IF_1 = \frac{F_1}{\pi \cdot r_{11} \cdot r_{21}} \text{ für eine beliebige Region } I$$

Ein derart erweitertes Gravitationsmodell hat folgende Form¹²:

$$w_{ij} = k \frac{B_i^a B_j^b}{d_{ij}^c} \cdot F_i^d \cdot F_j^e \cdot IF_i^f \cdot IF_j^g$$

8 Vgl. Mälich, W.: Analyse und Prognose räumlicher Bevölkerungsverteilungen und ihrer Veränderungen. — Berlin 1973. S. 89 f.

9 Die Symbolik der Formel:
 w_{ij} = Wanderungsströme von Kreis R_i nach Kreis R_j
 B_i = Bevölkerung des Herkunftskreises R_i .
 B_j = Bevölkerung des Zielkreises R_j .
 d_{ij} = Geographische Entfernung zwischen den jeweils größten Städten der entsprechenden Kreise.
 k, a, b, c = Parameter des Modells.

Die Rechnungen wurden auf der Anlage UNIVAC 1106 des Rechenzentrums der Universität Freiburg durchgeführt.

10 Dieser Nachweis der Signifikanz gilt nur mit Einschränkungen, da durch das Logarithmieren des Regressionsansatzes die Voraussetzungen des klassischen Modells der linearen Regression teilweise nicht mehr gegeben sind.

11 Symbolik:
 IF_1 = Index der Flächenform einer Region I
 F_1 = Fläche einer Region I
 r_{11} = Größter Radius einer Region I , gemessen vom Bevölkerungsschwerpunkt aus.
 r_{21} = Kleinster Radius einer Region, gemessen vom Bevölkerungsschwerpunkt aus.

12 d, e, f, g zusätzliche Parameter.

Tabelle 3: *Ergebnisse der Schätzungen der Parameter eines erweiterten Gravitationsmodells*

Jahr	ln k	a	b	c	d	e	f	g	R ²
1965	-2.257 (0.112)	0.409 (0.006)	0.387 (0.007)	-0.788 (0.007)	0.015 (0.006)	0.034 (0.006)	-0.228 (0.018)	-0.154 (0.019)	42.75
1966	-2.205 (0.109)	0.404 (0.006)	0.388 (0.006)	-0.764 (0.007)	0.007 (0.005)	0.027 (0.005)	-0.197 (0.018)	-0.164 (0.018)	43.09
1967	-2.412 (0.109)	0.414 (0.006)	0.397 (0.006)	-0.756 (0.007)	0.004 (0.005)	0.019 (0.005)	-0.215 (0.018)	-0.172 (0.018)	42.71

In Klammern: Standardabweichungen der Parameterschätzungen.

Die Parameter des erweiterten Gravitationsmodells werden geschätzt mit Hilfe eines logarithmisch-linearen Regressionsansatzes nach der einstufigen Kleinst-Quadrate-Methode. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 wiedergegeben.

Die Berechnung der Parameter der zusätzlichen Regressoren ergibt in der Regel signifikant von Null verschiedene Schätzwerte, die auch das theoretisch zu erwartende Vorzeichen aufweisen. Lediglich die Parameterschätzung für die Fläche ist nicht in jedem Fall von Null verschieden. Die insgesamt erklärte Varianz steigt nur um etwa 1 % und beträgt 42,75 % für 1965, 43,09 % für 1966 und 42,78 % für 1967. Wie ein Vergleich dieser Schätzwerte mit den in Tabelle 2 aufgeführten Schätzwerten des klassischen Gravitationsmodells zeigt, bringt die Berücksichtigung dieser zusätzlichen Variablen nur eine unwesentliche Verbesserung des Erklärungswertes, so daß ihre Einbeziehung wenig sinnvoll erscheint.

Nach diesem Ergebnis ist zu vermuten, daß nur eine erhebliche Erweiterung des Gravitationsansatzes Aussicht auf einen besseren statistischen Erklärungswert hat. Ein erweitertes Gravitationsmodell¹³ müßte neben der Bevölkerung der Kreise i und j und ihrer Entfernung ökonomische und außerökonomische Variablen einbeziehen, wie z. B. Einkommensunterschiede, Arbeitsmarktsituation, Freizeitwert. Dabei bleibt jedoch zu berücksichtigen, daß sich eine Vielzahl zufälliger Einflüsse weder modellmäßig spezifizieren noch statistisch-empirisch erfassen läßt. Beispiele dafür sind Wanderungen auf Grund persönlicher Präferenzen, Verwandtschaftsbeziehungen, individuell gebotener Vorteile und ähnliches.

Die zweite Ursache für den geringen statistischen Erklärungswert liegt in den Unzulänglichkeiten des Datenmaterials begründet. Dafür spricht, daß empirische Untersuchungen, bei denen der Gravitationsansatz mit anderem Datenmaterial verwendet wurde, deutlich bessere

Ergebnisse erbrachten¹⁴. Es ist daher – wie häufig bei sozialwissenschaftlichen Untersuchungen – nur sehr schwer zu entscheiden, ob der gewählte theoretische Ansatz falsch oder unvollständig ist oder ob ein an sich theoretisch richtiger Ansatz nur auf Grund unzulänglichen Datenmaterials zu unbefriedigenden Ergebnissen führt. Sofern es gelingen kann, beide Probleme, vorrangig jedoch das Datenproblem, einer Lösung näher zu bringen, so ist die Möglichkeit gegeben, Wanderungsströme zwischen BMV-Regionen zu prognostizieren. Aus den theoretischen Werten der Regressionsanalyse der Ausgangsdaten ergibt sich eine theoretische Wanderungsmatrix X auf Kreisbasis. Diese Matrix wird auf das Niveau der BMV-Regionen aggregiert, und für diese aggregierte Matrix wird eine erneute Parameterschätzung durchgeführt, da die Parameter der Wanderungsströme zwischen BMV-Regionen nicht die gleichen sind wie zwischen Stadt- oder Landkreisen. Unterstellt man eine zeitliche Konstanz der Parameter, so lassen sich mit Hilfe von Schätzungen der exogenen Modellvariablen künftige Wanderungsströme prognostizieren.

3. Zusammenfassung

Wegen des relativ geringen statistischen Erklärungswertes des Modells von nur gut 40 % ergibt sich bei der Schätzung der theoretischen Werte der Wanderungen zwischen Stadt- und Landkreisen ein erheblicher Unsicherheitsbereich. Aus diesem Grund ist die empirische Relevanz der theoretisch ermittelten Werte zweifelhaft, so daß eine Schätzung der Wanderungsströme nicht durchgeführt werden kann. Das bedeutet, daß auch die theoretischen Werte der Wanderungsströme der BMV-Regionen nicht ermittelt werden können.

Im vorliegenden Fall scheint die Hauptursache für den relativ geringen Erklärungswert in den erheblichen Mängeln des Beobachtungsmaterials zu liegen. Da die Vielzahl der Lücken des Datenmaterials auf das Bestehen von Abschneidungsgrenzen zurückzuführen ist, liegt eine erhebliche systematische Verzerrung vor. Deshalb ist

13 Vgl. z. B. Carrothers, G. A. P.: Forecasting the population of open areas. An application to regional analysis of the gravity concept of human interaction. Doctoral Thesis MIT. 1959. Wegen der bereits umfangreichen Rechnungen konnten im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes keine Erweiterungen des Modellansatzes mehr vorgenommen werden.

14 Vgl. Mälich, W.: a. a. O.

es nicht sinnvoll, die auf Grund statistisch verkürzten und nicht repräsentativen Wanderungsströme ermittelten Ergebnisse zu einer Schätzung von theoretischen Wanderungsströmen heranzuziehen. Es erscheint daher beim gegebenen Stand der statistisch-empirischen Erfassung der Wanderungsströme noch nicht möglich, eine theoretische Wanderungsstromtabelle der Bundesrepublik Deutschland zu erstellen.

Literatur

- Bogue, D. J.: International migration. In: Hauser, P. M.; O. D. Duncan: The study of population. — Chicago; London 1964.
- Carrothers, G. A. P.: Forecasting the population of open areas. An application to regional analysis of the gravity concept of human interaction. Doctoral Thesis MIT. — 1959.
- Freytag, H. L.: Zum Zusammenhang zwischen dem System einer demographischen Gesamtrechnung und den systemanalytischen Arbeiten an dem Heidelberger Projekt. In: Schulwahl und Schulsystem. — Weinheim; Berlin; Basel 1969. = Schriftenreihe der Arbeitsgruppe für empirische Bildungsforschung.
- Liedtke, B. H.; A. Pröger: Daten zur territorialen Mobilität in der BRD. Teil 2: Die Wanderungstabelle W 13. — Berlin 1973.
- Mälich, W.: Analyse und Prognose räumlicher Bevölkerungsverteilungen und ihrer Veränderungen. — Berlin 1973.
- Schwarz, K.: Demographische Grundlagen der Raumforschung und Landesplanung. — Hannover 1972.