Walter Schweitzer und Günter Müller

Interregionale Wanderungen in der Bundesrepublik Deutschland

Eine empirische Untersuchung gravitationstheoretischer Wanderungsmodelle

Interregional Migration in the Federal Republic of Germany

An Empirical Study of Migration Models Based on Gravitational Theories

Migrations interrégionales en République Fédérale d'Allemagne

Une analyse empirique portant sur des modèles de gravitation des migrations

Zusammenfassung

Neben einer deskriptiven Erfassung der Wanderungsbewegungen zwischen den Regionen eines Gebietes interessieren den Sozialwissenschaftler Wanderungsmodelle, mit denen die Wanderungsbewegungen zwischen den Regionen eines Gebietes analysiert werden können. Ziel dieser Untersuchung ist es, das gravitationstheoretische Wanderungsmodell von ZIPF und STEWART sowie einige Erweiterungen dieses Modellansatzes auf der Grundlage der Wanderungsbewegungen zwischen den elf Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland zu überprüfen.

In der allgemeinsten Form des Wanderungsmodells von ZIPF und STEWART wird der Wanderungsstrom zwischen der Herkunftsregion und der Zielregion durch die durchschnittlichen Bevölkerungszahlen der Herkunftsregion bzw. der Zielregion und die Entfernung zwischen den Bevölkerungsschwerpunkten der Herkunfts- und Zielregion erklärt. Die Parameter des daraus resultierenden multiplen nichtlinearen Regressionsansatzes können nach Logarithmierung mit Hilfe der Methoden der linearen Mehrfachregression bestimmt werden.

Eine Erweiterung des gravitationstheoretischen Wanderungsmodells erhält man, wenn berücksichtigt wird, daß die Wanderungsbewegungen zwischen den verschiedenen Regionen von einer Vielzahl zusätzlicher Variablen beeinflußt werden, die die Herkunfts- bzw. Zielregion charakterisieren. Es resultiert dann wiederum ein multipler nichtlinearer Regressionsansatz, dessen Parameter nach Logarithmierung mit Hilfe der Methoden der linearen Mehrfachregression bestimmt werden können.

Ausgangspunkt der empirischen Untersuchung ist das Wanderungsmodell von ZIPF und STEWART, mit dem für die Jahre 1970 bis 1974 getrennt die Abhängigkeit der jährlichen Wanderungen zwischen den elf Bundesländern von der Bevölkerungszahl der Herkunfts- und Zielländer und der Entfernung zwischen den jeweiligen Landeshauptstädten untersucht wird. Die multiplen Korrelationskoeffizienten dieses logarithmierten nichtlinearen Regressionsansatzes bewegen sich zwischen 0,874 und 0,892; alle Regressionskoeffizienten weisen das erwartete Vorzeichen auf und sind sämtlich hochsignifikant.

In das Wanderungsmodell von ZIPF und STEWART werden für die empirische Untersuchung weitere unabhängige Variablen einbezogen, von denen angenommen werden kann, daß sie die Wanderungsbewegungen beeinflussen; und zwar insgesamt vier Variablengruppen mit insgesamt 65 Variablen. Dabei werden zunächst diejenigen Modellvarianten ausgewählt, die jeweils das höchste Bestimmtheitsmaß liefern. Dann werden daraus mittels der Methode der stufenweisen Regression diejenigen Variablen ausgesondert, die den geringsten Beitrag zur Gesamtvarianz der Wanderungsströme leisten. In das endgültige Wanderungsmodell werden schließlich zehn unabhängige Variablen aufgenommen, nämlich die Wohnbevölkerung in Herkunfts- und Zielland, die Autobahndistanz zwischen den Landeshauptstädten, das Bruttoinlandsprodukt pro Einwohner für das Herkunfts- und Zielland, die Anzahl der Theater- und Kinoplätze pro Einwohner für das Herkunfts- und das Zielland, das Streckennetz der Bundesautobahnen und Bundesstraßen bezogen auf die Landesfläche des Herkunfts- und des Ziellandes sowie der Güteraustausch zwischen den Bundesländern. Für das Jahr 1973 beträgt der multiple Korrelationskoeffizient dieses logarithmierten nichtlinearen Regressionsansatzes 0,947. Im Gegensatz zum Wanderungsmodell von ZIPF und STEWART weisen bei diesem erweiterten Wanderungsmodell nicht mehr alle Regressionskoeffizienten das erwartete Vorzeichen auf; mit einer Ausnahme sind sie jedoch signifikant bzw. hochsignifikant.
Bei einer zusammenfassenden Beurteilung der Ergebnisse dieser empirischen Untersuchung ist zu beachten, daß diese Wanderungsmodelle nur einen Teilaspekt der Wanderungsbewegungen erfassen, nämlich die Bestimmung von Wanderungsströmen. Aussagen über die verlaufsstatistische Entwicklung der Bevölkerungszahlen, die Verweilzeit, die Zeitspanne zwischen den Wanderungen und ähnliche Kennwerte sind mit den auf dem gravitationstheoretischen Ansatz beruhenden Wanderungsmodellen nicht möglich.

1. Einführung

Neben einer deskriptiven Erfassung der Wanderungsbewegungen zwischen den M Regionen eines Gebietes interessieren den Sozialwissenschaftler *Wanderungsmodelle*[1]), mit denen die Wanderungsbewegungen zwischen den M Regionen eines Gebietes analysiert werden können. Ziel dieser Untersuchung ist es, das *gravitationstheoretische Wanderungsmodell* von *Zipf* (1946) und *Stewart* (1942; 1947; 1948) sowie einige *Erweiterungen* dieses Modellansatzes auf der Grundlage der Wanderungsbewegungen zwischen den elf Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland zu überprüfen.

2. Gravitationstheoretische Wanderungsmodelle

Die gravitationstheoretischen Wanderungsmodelle beruhen auf Modifizierungen der *Wanderungsgesetze* von *Ravenstein* (1885; 1889), der aufgrund der Analyse der britischen Binnenwanderungen die Hypothese formulierte, daß der Wanderungsstrom S_{ij} während des Intervalls $[t, t+T)$ zwischen der Herkunftsregion i und der Zielregion j durch die Entfernung D_{ij} zwischen den Bevölkerungsschwerpunkten der Herkunfts- und Zielregion sowie die durchschnittliche Bevölkerungszahl N_i der Herkunftsregion i während des Intervalls $[t-T, t)$ erklärt werden kann, wobei t den gegenwärtigen Zeitpunkt darstellt. Es gilt also allgemein

$$S_{ij} = \alpha \frac{N_i^{\beta_1}}{D_{ij}^{\beta_2}} u_{ij} \quad (1 \le i,j \le M;\ i \neq j)\,; \tag{2.-1}$$

[1]) Ein umfassender Überblick über die Möglichkeiten der Modellbildung zur Erfassung von Wanderungsbewegungen findet sich bei *Schweitzer* (1978).

α, β_1 und β_2 sind die *Parameter* dieses *nichtlinearen Regressionsansatzes*. Um bei empirischen Untersuchungen die Methoden der *Regressionsanalyse* anwenden zu können, wird dieser Ansatz durch die Ausprägung u_{ij} einer *Störvariablen* ergänzt, für die vorausgesetzt wird, daß sie *multiplikativ* wirkt. Durch die gravitationstheoretischen Wanderungsmodelle wird die gravitationstheoretische Gesetzmäßigkeit aus der Naturwissenschaft zwischen Masse und Entfernung auf die Beziehungen zwischen den Bevölkerungszahlen der verschiedenen Regionen und der Entfernung zwischen diesen Regionen übertragen.

2.1 Das gravitationstheoretische Wanderungsmodell von *Zipf* und *Stewart*

In der allgemeinsten Form dieses Wanderungsmodells wird der Wanderungsstrom S_{ij} zwischen der Herkunftsregion i und der Zielregion j während des Intervalls $[t, t+T)$ durch die durchschnittlichen Bevölkerungszahlen N_i bzw. N_j der Herkunftsregion i bzw. der Zielregion j während des Intervalls $[t-T, t)$ und die Entfernung D_{ij} zwischen den Bevölkerungsschwerpunkten der Herkunfts- und Zielregion erklärt, also

$$S_{ij} = \alpha \frac{N_i^{\beta_1} N_j^{\beta_2}}{D_{ij}^{\beta_3}} u_{ij} \quad (1 \le i,j \le M;\ i \neq j)\,; \tag{2.-2}$$

dabei werden der Koeffizient α sowie die Exponenten β_1, β_2 und β_3 nach Logarithmierung von Beziehung (2.-2) mit Hilfe der Methoden der linearen Mehrfachregression bestimmt.

2.2. Erweiterung des gravitationstheoretischen Wanderungsmodells

Eine Erweiterung des gravitationstheoretischen Wanderungsmodells erhält man, wenn berücksichtigt wird, daß die Wanderungsbewegungen zwischen den verschiedenen Regionen eines Gebietes nicht nur von den Bevölkerungszahlen der Herkunfts- und Zielregion sowie der Entfernung zwischen den Bevölkerungsschwerpunkten dieser beiden Regionen, sondern auch von einer Vielzahl *zusätzlicher Variabler* beeinflußt werden. Der Wanderungsstrom S_{ij} zwischen der Herkunftsregion i und der Zielregion j während des Intervalls $[t, t+T)$ wird erklärt durch

$$S_{ij} = \alpha_0 x_{1i}^{\alpha_1} \cdot \cdots \cdot x_{mi}^{\alpha_m} D_{ij}^{\beta_0} y_{1j}^{\beta_1} \cdot \cdots \cdot y_{nj}^{\beta_n} u_{ij} \quad (1 \le i,j \le M;\ i \neq j)\,. \tag{2.-3}$$

Dabei ist x_{ki} die Ausprägung der k-ten unabhängigen Variablen der Herkunftsregion i $(1 \le k \le m)$, y_{lj} die Ausprägung der l-ten unabhängigen Variablen der Zielregion j $(1 \le l \le n)$ während des Intervalls $[t-T, t)$ und D_{ij} die Entfernung zwischen den Bevölkerungsschwerpunkten der Herkunfts- und Zielregion. Nach Logarithmierung dieses nichtlinearen Regressionsansatzes erhält man

$$\log S_{ij} = \log \alpha_0 + \alpha_1 \log x_{1i} + \cdots + \alpha_m \log x_{mi} + \qquad ;\ \alpha$$

$$+ \beta_0 \log D_{ij} + \beta_1 \log y_{1j} + \cdots + \beta_n \log y_{nj} + \log u_{ij} \quad (1 \le i,j \le M;\ i \neq j)\,; \tag{2.-4}$$

die Parameter $\log \alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_m, \beta_0, \beta_1, \ldots, \beta_n$ können mit Hilfe der *Methode der kleinsten Quadrate* geschätzt werden, falls das Annahmensystem des linearen Regressionsmodells für den logarithmierten Ansatz zutrifft. Man vergleiche zu diesem Annahmensystem etwa *Schneeweiss* (1978[3], S. 92).

3. Empirische Untersuchung

In diesem Abschnitt soll versucht werden, das gravitationstheoretische Wanderungsmodell von *Zipf* und *Stewart* sowie eine Erweiterung dieses Modellansatzes auf der Grundlage der

Wanderungsbewegungen zwischen den elf Bundesländern der Bundesrepublik Deutschland zu überprüfen. Die Entscheidung, die Bundesländer als Herkunfts- und Zielregion für die Wanderungsbewegungen zu wählen, resultiert insbesondere aus der Tatsache, daß das erforderliche Datenmaterial relativ leicht aus den entsprechenden Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes entnommen werden konnte. Damit besitzen die Ergebnisse dieser Untersuchung aber auch nur Aussagekraft für die Wanderungsbewegungen zwischen den Bundesländern und nicht etwa für die Wanderungsbewegungen zwischen beliebig strukturierten Regionen.

3.1. Ein gravitationstheoretisches Wanderungsmodell für die BRD

Ausgangspunkt ist das Wanderungsmodell aus Beziehung (2.-2), mit dem für die Jahre 1970 bis 1974 getrennt die Abhängigkeit der jährlichen Wanderungen zwischen den elf Bundesländern (einschließlich Berlin-West) von der Bevölkerungszahl der Herkunfts- und Zielländer und der Entfernung zwischen den jeweiligen Landeshauptstädten untersucht werden soll; die Wanderungen innerhalb der Bundesländer gehen hier also nicht ein. Für die Länge des Zeitintervalls wurde hier speziell $T = 1$ gesetzt.
Durch Logarithmierung des nichtlinearen Regressionsansatzes (2.-2) erhält man

$$\log S_{ij} = \log \alpha_0 + \alpha_1 \log N_i - \beta_0 \log D_{ij} + \beta_1 \log N_j + \log u_{ij} \quad (1 \leq i,j \leq 11; i \neq j); \qquad (3.\text{-}1)$$

so daß auf diesen Modellansatz die *Methoden der linearen Mehrfachregression* angewendet werden können. Für die logarithmierten Störvariablen soll dabei vorausgesetzt werden, daß sie den *Erwartungswert* 0 und *konstante Varianz* besitzen sowie *unkorreliert* und jeweils *normalverteilt* sind. Zur Problematik dieses Annahmensystems der Regressionsanalyse in diesem Anwendungszusammenhang vergleiche man jedoch *Schweitzer* (1978, S. 105–117).
Auf die Wiedergabe der Tabellen der Wanderungen innerhalb des Bundesgebietes für die Jahre 1970 bis 1974 nach Herkunfts- und Zielland soll hier verzichtet werden; man vergleiche hierzu wie auch zu den Tabellen mit dem Datenmaterial für die übrigen unabhängigen Variablen *Müller* (1976, S. 59/65/75). Bei den Wanderungen innerhalb des Bundesgebietes handelt es sich jedoch nicht um die Wanderungsströme S_{ij}, also nicht um die Zahl der umgezogenen Personen, sondern um die Zahl der Umzüge. Da dies jedoch für alle Wanderungsströme gilt, wird die Untersuchung dadurch nicht beeinträchtigt. Als unabhängige Variablen werden die durchschnittliche Wohnbevölkerung der Bundesländer für die Jahre 1969 bis 1973 sowie die Entfernungen zwischen den Landeshauptstädten in Straßenkilometern verwendet; es wurde also vereinfachend davon ausgegangen, daß die Landeshauptstädte annähernd die Bevölkerungsschwerpunkte in den einzelnen Bundesländern repräsentieren. Die Verwendung von Schienenkilometern bzw. die Luftlinienentfernung sowie die exakte Bestimmung der Bevölkerungsschwerpunkte hätten am Ergebnis dieser Untersuchung wohl nichts geändert. Die Berechnungen wurden mit Hilfe der Siemens 4004/45-G des Rechenzentrums der Universität Regensburg durchgeführt; dabei wurde das leicht modifizierte Standardprogramm *Stepwise Multiple Regression* aus IBM (1970[5], S. 413–418) herangezogen. Die Ergebnisse der getrennten Untersuchungen für die Jahre 1970 bis 1974 sind in Tabelle 1 zusammengefaßt. Die Methoden und Testverfahren der linearen Mehrfachregression werden hier als bekannt vorausgesetzt; man vergleiche dazu Lehrbücher der Ökonometrie, beispielsweise *Schönfeld* (1969, S. 51–133), *Johnston* (1972[2], S. 121–170) oder *Schneeweiss* (1978[3], S. 89–125). Wegen der logarithmischen Transformation von Beziehung (2.-2) muß das bereits erwähnte Annahmensystem der

Regressionsanalyse sehr kritisch gesehen werden. Insbesondere die Voraussetzung der normalverteilten logarithmierten Störvariablen ist problematisch, so daß die Ergebnisse der Prüfung der Nullhypothesen $\beta_1 = 0$ bzw. $\beta_2 = 0$ bzw. $\beta_3 = 0$ mit Hilfe des *t-Tests* sowie der Nullhypothese $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ mit Hilfe des *F-Tests* nur sehr vorsichtig interpretiert werden dürfen. Die *kritischen Werte* für den *t*-Test sind bei zweiseitiger Fragestellung $t\,(0{,}975;\ 106) \approx 1{,}983$; $t\,(0{,}995;\ 106) \approx 2{,}623$ sowie für den *F*-Test $f\,(0{,}95;\ 3{,}106) \approx 2{,}7$; $f\,(0{,}99;\ 3{,}106) \approx 3{,}98$. Die *multiplen Korrelationskoeffizienten* bewegen sich zwischen 0,874 und 0,892; zwischen 78,0% und 79,6% der Gesamtvarianz der Wanderungen werden also durch die Bevölkerungszahlen im Herkunfts- und Zielland sowie die Entfernung erklärt. Alle *Regressionskoeffizienten* weisen das erwartete Vorzeichen auf; sie sind sämtlich hochsignifikant. Dieses recht plausible Ergebnis legt den Schluß nahe, daß das Wanderungsmodell von *Zipf* und *Stewart* jeweils für die Jahre 1970 bis 1974 die jährlichen Wanderungsbewegungen zwischen den elf Bundesländern in brauchbarer Weise erklären kann. Bemerkenswert ist bei dieser Untersuchung zweifellos auch die Stabilität der Regressionskoeffizienten im Zeitablauf.
Selbstverständlich gelten die Aussagen dieses Abschnittes nur für den Aggregationsgrad der im Modell erfaßten Variablen.

Tab. 1: Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse, 1970–1974
Tab 1: Results of multiple regression analysis, 1970–1974

Unabhängige Variable	Regressionskoeffizient	Standardabweichung des Regressionskoeffizienten	*t*-Wert	Jahr
$\log N_j$	0,92757	0,06916	13,412	1970
$\log N_i$	0,84222	0,06916	12,179	
$\log D_{ij}$	−0,62169	0,08213	−7,570	
Absolutglied			−1,02698	
Multipler Korrelationskoeffizient			0,876	
Standardabweichung der Residuen			0,299	
t-Wert			119,351	
$\log N_j$	0,87837	0,06924	12,686	1971
$\log N_i$	0,84411	0,06847	12,328	
$\log D_{ij}$	−0,61536	0,08262	−7,448	
Absolutglied			−0,87081	
Multipler Korrelationskoeffizient			0,874	
Standardabweichung der Residuen			0,300	
t-Wert			117,294	
$\log N_j$	0,90370	0,06604	13,684	1972
$\log N_i$	0,81874	0,06604	12,399	
$\log D_{ij}$	−0,64085	0,07898	−8,114	
Absolutglied			−0,83552	
Multipler Korrelationskoeffizient			0,882	
Standardabweichung der Residuen			0,287	
t-Wert			126,252	

Tab. 1 (Fortsetzung)

Unabhängige Variable	Regressionskoeffizient	Standardabweichung des Regressionskoeffizienten	*t*-Wert	Jahr
log N_j	0,93517	0,06502	14,383	1973
log N_i	0,83805	0,06502	12,889	
log D_{ij}	−0,66827	0,07852	−8,511	
Absolutglied			−0,98178	
Multipler Korrelationskoeffizient			0,891	
Standardabweichung der Residuen			0,284	
t-Wert			138,609	
log N_j	0,90817	0,06429	14,127	1974
log N_i	0,84502	0,06428	13,145	
log D_{ij}	−0,69117	0,07763	−8,904	
Absolutglied			−0,89666	
Multipler Korrelationskoeffizient			0,892	
Standardabweichung der Residuen			0,282	
t-Wert			140,432	

3.2. Eine Erweiterung des gravitationstheoretischen Wanderungsmodells für die Bundesrepublik Deutschland

Ausgehend vom Wanderungsmodell aus Beziehung (2.-2) sollen in diesen Ansatz analog zu Beziehung (2.-3) weitere unabhängige Variablen einbezogen werden, von denen aufgrund sachlogischer Überlegungen angenommen werden kann, daß sie die Wanderungsbewegungen maßgeblich beeinflussen. In die Untersuchung wurden vier Variablengruppen mit insgesamt 65 Variablen aufgenommen, die in Tabelle 2 sowie in Abbildung 1 dargestellt sind.

Tab. 2: Typisierung der Variablen der Regressionsanalyse
Tab 2: Typification of the variables of regression analysis

Variablentyp	Variablenspaltenbezeichnung	Spaltennummer gemäß Abb. 1
Variablen der beruflichen Sphäre	Arbeitsmarkt	6
	Einkommen	7
Variablen der privaten Sphäre	politische Verhältnisse	11
	Erholungswert der Landschaft	14
	Wohnungsmarkt	16
	Lebenshaltungskosten	18
Variablen der wirtschaftlichen Bedeutung eines Bundeslandes	Produktion	4
	Industrialisierungsgrad	10
	Unternehmenskosten	15
	Warenaustausch	17
Variablen für die Bereitstellung von Dienstleistungen	Gesundheitswesen	8
	Bildungswesen	9
	Kulturangebot	12
	Verkehrsnetz	13

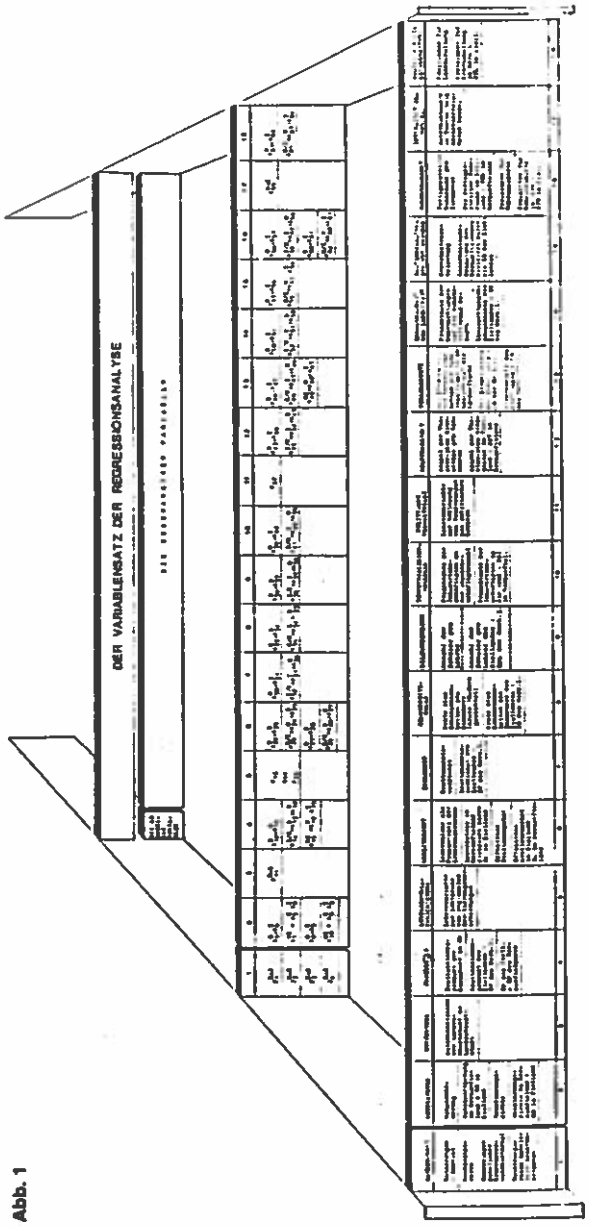


Abb. 1

Da aus programmierungstechnischen Gründen die Symbolik aus Beziehung (2.-3) abgeändert werden mußte, wurden die Variablen in chronologischer Reihenfolge durchnumeriert, die abhängigen Variablen von y_1 bis y_4, die unabhängigen Variablen von x_5 bis x_{65}, die unabhängigen Variablen des Herkunftslandes wurden durch ein hochgestelltes H, die des Ziellandes durch ein hochgestelltes Z gekennzeichnet. Wurden unabhängige Variablen mit Hilfe der Werte des Herkunfts- und Ziellandes gebildet, so wird dies bei Multiplikation durch ein hochgestelltes HZ, bei Division durch ein hochgestelltes H/Z bzw. Z/H angedeutet; Variablen, die Stromgrößen zwischen Herkunfts- und Zielland definieren, zeichnen sich durch ein hochgestelltes H→Z aus. Die Division der Variablen des Herkunfts- und Ziellandes resultiert aus der Absicht, dadurch das Problem der *Multikollinearität* zu reduzieren; man vergleiche dazu *Greenwood*; *Sweetland* (1972). Dies entspricht wegen der Logarithmierung der Differenzenbildung bei einem linearen Mehrfachregressionsansatz, die bei *Schneeweiss* (1978[3], S. 143–144) aufgeführt ist. Als abhängige Variablen wurden die Wanderungen der Wohnbevölkerung insgesamt, die Wanderungen der männlichen und weiblichen Wohnbevölkerung sowie die Wanderungen der männlichen Erwerbspersonen alternativ verwendet. Mit Hilfe von Scheinvariablen sollte die Bedeutung von speziellen Bevölkerungsverschiebungen, etwa die seit längerer Zeit zu beobachtende Nord-Süd-Bewegung in der Bundesrepublik Deutschland berücksichtigt werden. Man vergleiche zu dieser Technik *Suits* (1957) oder *Johnston* (1972[2], S. 176–186). Da es schwierig ist, das Kulturangebot, den Erholungswert, das Gesundheits- sowie das Bildungswesen statistisch zu erfassen, mußte bei der Definition von meßbaren Indikatoren für diese komplexen Variablen gelegentlich recht willkürlich vorgegangen werden. Zunächst wurden für die verschiedenen abhängigen Variablen und die unabhängigen Variablen diejenigen Modellvarianten ausgewählt, die jeweils das höchste *Bestimmtheitsmaß* lieferten. Es versteht sich dabei von selbst, daß bei einer Modellvariante nicht gleichzeitig die Variablen des Herkunfts- und Ziellandes und die daraus resultierende zusammengefaßte Variable in den Ansatz einbezogen wurden. Diese Vorgehensweise auf der ersten Stufe ist zweifellos fragwürdig, da die Aufnahme einer Vielzahl von unabhängigen Variablen die *Identifizierbarkeit der Parameter* des Regressionsansatzes wegen der *Multikollinearität* zwischen diesen Variablen in Frage stellt. Aus der Modellvariante mit dem höchsten Bestimmtheitsmaß wurden dann mittels der Methode der *stufenweisen Regression* diejenigen Variablen ausgesondert, die den geringsten Beitrag zur Gesamtvarianz der Wanderungsströme lieferten. Für die Berechnungen wurde wiederum das leicht modifizierte Standardprogramm *Stepwise Multiple Regression* aus IBM (1970[5], S. 413–418) herangezogen. Die Methode der stufenweisen Regression dieses Standardprogramms beruht darauf, daß auf jeder Selektionsstufe diejenige Variable zusätzlich in den Ansatz aufgenommen wird, die die *Varianz der Residuen* minimiert, also diejenige Variable, die am meisten zur Erklärung der Varianz der abhängigen Variablen beiträgt. Diese Methode soll hier jedoch nicht ausführlich dargestellt werden; man vergleiche dazu IBM (1970[5], S. 41–42) und *Bennett*; *Franklin* (1954, S. 302–315) sowie *Rogers* (1971, S. 204–207) oder *Schneeweiss* (1978[3], S. 152–155). Zur Kritik der Methode der stufenweisen Regression in der hier verwendeten Form vergleiche man jedoch *Wonnacott*; *Wonnacott* (1970, S. 309–312).

Für das Jahr 1973 wurden mit Hilfe von sieben *Testserien* zunächst schrittweise diejenigen unabhängigen Variablen eliminiert, deren Beitrag zur Gesamtvarianz unbedeutend war, wobei jeweils an Hand der *Korrelationsmatrix* überlegt wurde, ob zwischen den auszuscheidenden und im Ansatz verbleibenden Variablen *kollineare Beziehungen* bestanden. War dies der Fall, so wurde zur Kontrolle auf die zu eliminierenden Variablen nicht die Methode

der stufenweisen Regression angewendet, sondern sie wurden von Anfang an im Ansatz belassen, was im Standardprogramm *Stepwise Multiple Regression* als Alternative vorgesehen ist. Die einzelnen Testserien werden hier nicht ausführlich dargestellt; man vergleiche dazu *Müller* (1976, S. 98–113).

Es leuchtet ein, daß durch eine solche Vorgehensweise bei der Auswahl der unabhängigen Variablen ein in jeder Hinsicht befriedigendes Wanderungsmodell nicht gefunden werden kann; dazu müßten alle möglichen Variablenkombinationen geprüft werden, wobei dann immer noch nicht gewährleistet ist, daß damit das Problem der Multikollinearität beseitigt ist, das die Identifizierbarkeit der Parameter beeinträchtigt.

Aufgrund der Testserien wurden in das endgültige Wanderungsmodell die unabhängigen Variablen x_5^H, x_8^Z, $x_{11}^{H\to Z}$, x_{12}^H, x_{13}^Z, x_{43}^H, x_{44}^Z, x_{46}^H, x_{47}^Z und $x_{59}^{H\to Z}$ einbezogen. Das Datenmaterial für die abhängigen und unabhängigen Variablen soll hier nicht wiedergegeben werden; man vergleiche dazu wiederum *Müller* (1976, S. 59–97). Die Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse für die *gesamte Wohnbevölkerung* für das Jahr 1973 sind in Tabelle 3 aufgeführt. Erfahrungsgemäß bestehen jedoch Unterschiede zwischen der männlichen und weiblichen Wohnbevölkerung hinsichtlich des Wanderungsverhaltens; deshalb wurden für die *männliche* und *weibliche Wohnbevölkerung* getrennt für das Jahr 1973 multiple Regressionsanalysen durchgeführt. Da sich hier keine wesentlichen Unterschiede abzeichneten, wurde die weitere Untersuchung auf die gesamte Wohnbevölkerung beschränkt.

Aufgrund der Vermutung, daß ein bedeutender Anteil der Umzüge durch die Beteiligung am Erwerbsleben beeinflußt wird, wurden als abhängige Variable alternativ auch die Wanderungen der *männlichen Erwerbspersonen* 1973 verwendet. Obwohl sich bei der entsprechenden multiplen Regressionsanalyse der *multiple Korrelationskoeffizient* geringfügig erhöhte, wurde dieser Modellansatz nicht weiter verfolgt.

In Tabelle 3 sind die unabhängigen Variablen in der Reihenfolge aufgeführt, in der sie durch die stufenweise Regression in den endgültigen Modellansatz aufgenommen wurden. Die *kritischen Werte* für den *t*-Test zur Prüfung der einzelnen Regressionskoeffizienten gegen

Tab. 3: Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse, 1973 – Wanderungen der Wohnbevölkerung insgesamt
Tab 3: Results of multiple regression analysis, 1973 – Migrations of the total resident population

Unabhängige Variable	Regressionskoeffizient	Standardabweichung des Regressionskoeffizienten	*t*-Wert
log $x_{59}^{H\to Z}$	0,52898	0,07877	6,715
log x_{47}^{Z}	−0,66429	0,25820	− 2,573
log x_{12}^{H}	−1,59228	0,41132	− 3,871
log x_{13}^{H}	−1,14481	0,24367	− 4,698
log $x_{11}^{H\to Z}$	−0,34292	0,08011	− 4,281
log x_{8}^{Z}	0,25695	0,09423	2,727
log x_{44}^{Z}	−0,89594	0,25235	− 3,550
log x_{13}^{Z}	−0,99900	0,38848	− 2,572
log x_{5}^{H}	0,18263	0,10041	1,819
log x_{46}^{H}	−0,18555	0,27396	− 0,677
Absolutglied			17,26386
Multipler Korrelationskoeffizient			0,947
Standardabweichung der Residuen			0,207
t-Wert			95,007

Null sind bei zweiseitiger Fragestellung für das 5%-Signifikanzniveau bei 110 beobachteten wechselseitigen Wanderungsbewegungen und zehn unabhängigen Variablen t (0,975; 99) ≈ 1,984, für das 1%-Signifikanzniveau t (0,995; 99) ≈ 2,626 sowie für den *F-Test* zur gleichzeitigen Prüfung aller Regressionskoeffizienten gegen Null f (0,95; 10, 99) ≈ 1,93 und f (0,99; 10, 99) ≈ 2,50. Dabei fällt der außerordentlich hohe Beitrag von fast 80% auf, den die Variable $x_{59}^{H\to Z}$ für die Erklärung der Varianz der abhängigen Variablen leistet. Bei Durchsicht der Korrelationsmatrix, die hier nicht wiedergegeben wird, stellt man fest, daß zwischen dieser Variablen, deren Ausprägungen analog zu den abhängigen Variablen Stromgrößen darstellen, und der Wohnbevölkerung im Herkunfts- und Zielland kollineare Beziehungen bestehen, was sich auch bestätigt, wenn man auf die Berücksichtigung der Variablen $x_{59}^{H\to Z}$ verzichtet; man vergleiche dazu die Ergebnisse dieser Modellvariante in Tabelle 4. Die *kritischen Werte* sind für den *t-Test* bei zweiseitiger Fragestellung und neun unabhängigen Variablen t (0,975; 100) ≈ 1,984 und t (0,995; 100) ≈ 2,626 sowie für den *F-Test* f (0,95; 9, 100) ≈ 1,97 und f (0,99; 9, 100) ≈ 2,59. Bei dieser Modellvariante tragen die Variablen x_5^H und x_8^Z allein einen Anteil zwischen 66% und 67% zur Erklärung der Varianz der abhängigen Variablen bei.

Diese Einflüsse der Variablen $x_{59}^{H\to Z}$ bzw. x_5^H und x_8^Z müssen bei der Beurteilung der *multiplen Korrelationskoeffizienten* der verschiedenen Modellvarianten berücksichtigt werden; er beträgt bei Berücksichtigung der Variablen $x_{59}^{H\to Z}$ 0,947 und ohne Berücksichtigung der Variablen $x_{59}^{H\to Z}$ 0,923; 89,7% bzw. 87,4% der Gesamtvarianz der Wanderungen werden also durch die unabhängigen Variablen der jeweiligen Modellvarianten erklärt.

Bevor diese unabhängigen Variablen näher betrachtet werden, sollen einige Anmerkungen zu denjenigen Variablen gemacht werden, die aufgrund der Testserien nicht für die endgültigen Modellvarianten ausgewählt wurden, da sie zur Erklärung der Varianz der abhängigen Variablen nur geringfügige Beiträge leisteten. Durch die *Scheinvariablen* zur Analyse von Bevölkerungsverschiebungen, beispielsweise für den Nachweis einer ausgeprägten Nord-Süd-Wanderungsbewegung innerhalb der Bundesrepublik Deutschland, konnten solche Tendenzen trotz mehrfacher Nachprüfung in verschiedenen Modellvarianten

Tab. 4: Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse, 1973 — Wanderungen der Wohnbevölkerung insgesamt
Tab 4: Results of multiple regression analysis, 1973 — Migrations of the total resident population

Unabhängige Variable	Regressionskoeffizient	Standardabweichung des Regressionskoeffizienten	t-Wert
log x_8^Z	0,72436	0,07625	9,500
log x_5^H	0,69915	0,07748	9,024
log $x_{59}^{H\to Z}$	−0,72701	0,06733	−10,797
log x_{44}^Z	−1,39005	0,28977	− 4,797
log x_{43}^H	−1,30579	0,29108	− 4,486
log x_{47}^Z	−0,66642	0,30994	− 2,150
log x_{12}^H	−1,02882	0,48337	− 2,128
log x_{13}^Z	−0,91504	0,46610	− 1,963
log x_{46}^H	−0,21468	0,32882	− 0,653
Absolutglied			14,43902
Multipler Korrelationskoeffizient			0,923
Standardabweichung der Residuen			0,248
f-Wert			69,781

nicht bestätigt werden. Von den beiden die Verhältnisse auf dem Arbeitsmarkt charakterisierenden Variablen *Erwerbslosenquote* und *effektives Stellenangebot* hat sich bei einigen Modellvarianten die erstere als die geeignetere herausgestellt; insgesamt ergab sich hier jedoch kein so hoher Beitrag zur Gesamtvarianz, der die Aufnahme in die endgültigen Modellvarianten gerechtfertigt hätte. Im Rahmen dieser Untersuchung hat sich herausgestellt, daß die *Veränderung des Einkommens* als Motiv für einen Umzug nicht ganz ohne Bedeutung ist; da die entsprechenden Regressionskoeffizienten jedoch gelegentlich signifikant, dann wieder nicht signifikant waren, wurden auch diese Variablen nicht in den endgültigen Modellansatz aufgenommen.

Die übrigen hier nicht mehr ausführlich diskutierten Variablen lieferten einen so geringen Beitrag zur Gesamtvarianz, daß sie im endgültigen Modellansatz nicht verwendet wurden.

Zur Interpretation derjenigen unabhängigen Variablen, die in das endgültige Wanderungsmodell aufgenommen wurden, vergleiche man die Tabellen 3 und 4. Die Ergebnisse bezüglich der Bevölkerungszahlen im Herkunfts- und Zielland sowie der Entfernung zwischen den Landeshauptstädten stimmen im wesentlichen mit denen des Abschnittes 3.1. überein; der Erklärungscharakter von x_5^H und x_8^Z wird jedoch durch die Aufnahme der Variablen $x_{59}^{H\to Z}$ erheblich beeinträchtigt, was durch den Vergleich der Ergebnisse in den Tabellen 3 und 4 auch bestätigt wird. Wenn man sich überlegt, daß das *Bruttoinlandsprodukt pro Einwohner* als Maß für das wirtschaftliche Niveau eines Landes interpretiert werden kann, so ist das negative Vorzeichen des signifikanten Regressionskoeffizienten von x_{12}^H durchaus zu rechtfertigen; denn je höher das wirtschaftliche Niveau im Herkunftsland ist, umso weniger werden die Bewohner dieses Landes zu einem Umzug veranlaßt. Dem widerspricht jedoch das negative Vorzeichen des signifikanten Regressionskoeffizienten von x_{13}^Z. Daß die den *Güteraustausch* repräsentierende Variable $x_{59}^{H\to Z}$ die analog zu den Wanderungsbewegungen als Stromgröße definiert ist, auch die Umzüge zwischen den Bundesländern beeinflußt, ist nicht von der Hand zu weisen. Eine Erklärung wäre hierfür allenfalls das Phänomen der *Scheinkorrelation*, also Zusammenhänge zwischen Variablen, für die eine sinnvolle kausale Begründung nicht gegeben werden kann. Deshalb wurde bei sämtlichen Modellvarianten auch jeweils die Variable $x_{59}^{H\to Z}$ ausgeschaltet. Bei den Variablen x_{46}^H und x_{47}^Z erweist sich durchweg nur der Regressionskoeffizient des Ziellandes als signifikant; das negative Vorzeichen kann vielleicht dadurch begründet werden, daß ein ausgebautes *Verkehrsnetz* im Zielland einen Umzug überflüssig macht, da bei steigendem Motorisierungsgrad der Bevölkerung die potentiellen Ziele auch ohne einen Umzug erreicht werden können, man denke hier nur an die *Pendelwanderung*. Dieses Argument trifft jedoch sicher nicht für alle Wanderungsströme zwischen einzelnen Bundesländern zu. Etwas überraschend ist wohl, daß die Variablen x_{43}^H und x_{44}^Z, die das *Kulturangebot* im Herkunfts- und Zielland repräsentieren, in das endgültige Modell gelangten. Während das negative Vorzeichen des signifikanten Regressionskoeffizienten von x_{43}^H durchaus einleuchtet, ist das für x_{44}^Z jedoch nicht ohne weiteres der Fall.

Analog zu der Vorgehensweise im Abschnitt 3.1. erstreckte sich diese Untersuchung nicht nur auf das Jahr 1973, sondern auch auf die Jahre 1970, 1971, 1972 und 1974. Da sich die Ergebnisse von denen des Jahres 1973 praktisch nicht unterschieden, wurden die entsprechenden Ergebnistabellen in dieser Arbeit nicht wiedergegeben. Gerade diese Konstanz der Regressionskoeffizienten im Zeitablauf deutet darauf hin, daß mit den in dieser Untersuchung verwendeten Modellvarianten doch einige Gesetzmäßigkeiten zur Bestimmung der Wanderungsbewegungen erfaßt werden konnten.

Denkt man an die Beschränkungen bei der Datenerfassung sowie die Vorgehensweise bei der Auswahl der unabhängigen Variablen, so können die dieser Untersuchung zugrundeliegenden Modellvarianten höchsten als befriedigend bezeichnet werden. Insgesamt wird mit dieser Untersuchung bestätigt, daß durch die Erweiterung des gravitationstheoretischen Ansatzes ein Wanderungsmodell resultiert, mit dem einige der die Wanderungsbewegungen verursachenden Einflußgrößen nachgewiesen werden können. Kritisch muß bei dieser Untersuchung angemerkt werden, daß die Aspekte der *differentiellen Mobilität* nur durch die Differenzierung nach dem *Geschlecht der Wohnbevölkerung* sowie nach *Erwerbspersonen* bzw. *Nicht-Erwerbspersonen* berücksichtigt werden konnten und daß andere Merkmale, beispielsweise das *Alter*, nicht eingingen; solche Wanderungsdaten standen jedoch nicht zur Verfügung.

4. Schlußbemerkung

Bei einer zusammenfassenden Betrachtung der gravitationstheoretischen Wanderungsmodelle sowie deren Erweiterungen wird immer wieder vorgebracht, daß diesen Modellen keine umfassende *Theorie der Wanderungsbewegungen* zugrundeliegt; man vergleiche hierzu *Hoffmann-Nowotny* (1970, S. 81–82) und *Albrecht* (1972, S. 109). Diese Einwände sind zweifellos berechtigt. Zu beachten ist auch, daß es sich hier jeweils um *Querschnittsanalysen* handelt; die Übertragung von Befunden solcher Analysen auf eine *Längsschnittbetrachtung*, also eine *Prognose*, ist deshalb problematisch. Bei der hier verwendeten Modellstruktur für gravitationstheoretische Wanderungsmodelle sowie deren Erweiterungen ist ein Modell gegeben, das *statisch* oder beim Vergleich mehrerer Perioden *komparativ statisch*, jedoch keinesfalls *dynamisch* ist; eine solche Modellstruktur wäre aber gerade für Wanderungsbewegungen erstrebenswert. Selbst wenn man diese Einwände vernachlässigt, wird man für Prognosezwecke nur selten die Ausprägungen der unabhängigen Variablen zukünftiger Perioden einigermaßen zuverlässig angeben können.

Nach diesen kritischen Bemerkungen wird man sehr leicht geneigt sein, die empirischen Untersuchungen der Abschnitte 3.1. und 3.2. auf der Grundlage des gravitationstheoretischen Wanderungsmodells sowie dessen Erweiterungen in Frage zu stellen. Man sollte sich jedoch über den begrenzten Anwendungsbereich dieser Modelle im klaren sein. Sie erfassen nur einen Teilaspekt der Wanderungsbewegungen, nämlich die Bestimmung von Wanderungsströmen für ein bestimmtes Zeitintervall. Aussagen über dynamische Wanderungsphänomene, wie die *verlaufsstatistische Entwicklung* der Bevölkerungszahlen in den verschiedenen Regionen eines Gebietes, die *Verweilzeit*, die *Zeitspanne zwischen den Wanderungen*, die *Zeit bis zur erstmaligen Rückkehr in eine Region* und ähnliche Kennwerte, sind mit den auf dem gravitationstheoretischen Ansatz beruhenden Wanderungsmodellen nicht möglich.

Summary

In addition to a descriptive coverage of migratory movements between the regions of an area, the sociologist is interested in migration models by means of which the migratory movements between the regions of an area can be analysed. The objective of this study is to critically re-examine the gravitational migration model advanced by ZIPF and STEWART, as well as some extensions to this model approach, on the basis of the migratory movements between the eleven federal Laender of the Federal Republic of Germany.

In the most general form of the migration model advanced by ZIPF and STEWART, the migration flow between the region of origin and the region of destination is explained by means of the average population of the region of origin and the region of destination, as well as by the distance between the population centres of the region of origin and of destination, respectively. The parameters of the multiple non-linear regression approach resulting therefrom can, after conversion into logarithmic functions, be determined by applying the methods of linear multiple regression.

An extension of the migration model based on gravitational theories is obtained by taking into account the fact that the migration between the various regions is influenced by a great number of additional variables which characterize the region of origin and the region of destination. The result again will be a multiple non-linear regression approach, the parameter of which, after logarithmizing, can be determined by using the methods of linear multiple regression.

The starting point for the empirical study is the migration model of ZIPF and STEWART, on the basis of which the dependency of the annual migration between the eleven federal Laender upon the population of the Laender of origin and of destination and upon the distance between the respective Laender capitals is being analysed for the years 1970 to 1974 separately. The multiple correlation coefficients of this logarithmized non-linear regression approach vary between 0.874 and 0.892; all regression coefficients show the expected sign and they are all highly significant.

For the purpose of the empirical analysis, additional independent variables are being included into the migration model of ZIPF and STEWART, of which can be assumed that they exert an influence on the migratory movements; these consist of altogether four groups of variables comprising a total of 65 variables. The procedure here is to select first of all those variants of the model which always offer the highest coefficient of determination. Then, by using the method of stepwise multiple regression, those variables are segregated which contribute the least to the total variance of the migration flows. The definite migration model finally comprises ten independent variables, i.e., the resident population in the Land of origin and the Land of destination, the autobahn distance between the Laender capitals, the per capita gross domestic product for the Land of origin and the Land of destination, the per capita number of theatre seats, cinemas included, for the Land of origin and the Land of destination, the network of the federal autobahn system and of the federal highways relative to the total area of the respective Land of origin and Land of destination, and the exchange of goods between the federal Laender. For the year 1973, the multiple correlation coefficient of this logarithmized non-linear regression approach is 0.947. With this extended migration model, it is, in contrast to the migration model of ZIPF and STEWART, no longer true that all regression coefficients show the expected sign; with one exception, they are however significant or highly significant.

In presenting a summary evaluation of the results of this empirical study, it should be noted that these migration models cover only a partial aspect of the migratory movements, namely the ascertainment of migration flows. On the basis of the migration models using the gravitational approach it is not possible to make any statements as to the development of the population figures as flow statistics, on the length of stay, the time span betweeen the migrations and similar topical values.

Résumé

Outre la détermination descriptive des mouvements migratoires entre les régions d'un territoire donné, le sociologue s'intéresse à des modèles de migration permettant d'analyser ces mouvements migratoires entre les régions d'un territoire. L'objectif de cette étude est de

vérifier, sur la base des mouvements migratoires entre les onze Laender de la République fédérale d'Allemagne, le modèle de graviation des migrations de ZIPF et de STEWART ainsi que quelques extensions de cette approche du modèle.

La forme la plus généralisée du modèle de migration de ZIPF et de STEWART explique le flux migratoire entre la région de provenance et la région de destination par les effectifs moyens de la population dans la région de provenance respectivement de destination et la distance entre les centres de gravitation de la population dans la région de provenance et la région de destination. Les paramètres de la formule de régression multiple non-linéaire qui en résulte, peuvent être déterminés, après la prise des logarithmes, à l'aide des méthodes de la régression multiple linéaire.

Une extension du modèle de graviation des migrations peut être obtenue si l'on tient compte du fait que les mouvements migratoires entre les différentes régions se trouvent influencés par un grand nombre de variables supplémentaires caractérisant la région de provenance respectivement de destination. Il en résulte alors de nouveau une formule de régression multiple nonlinéaire dont les paramètres peuvent être déterminés, après la prise des logarithmes, à l'aide des méthodes de la régression multiple linéaire.

Le point de départ de l'analyse empirique est le modèle des migrations de ZIPF et de STEWART à l'aide duquel sont étudiées séparément pour les années 1970 à 1974 la dépendance des migrations annuelles entre les onze Laender de l'effectif de la population dans les Laender de provenance et de destination et de la distance entre les capitales des Laender respectifs. Les coefficients de corrélation multiple de cette formule de régression non-linéaire dont on a pris les logarithmes se situent entre 0,874 et 0,892; tous les coefficients de régression présentent le signe attendu et sont tous fort significatifs.

Pour l'analyse empirique, nous avons introduit dans le modèle des migrations de ZIPF et de STEWART d'autres variables indépendantes dont on peut supposer qu'elles excercent une influence sur les mouvements migratoires, à savoir en tout quatre groupes de variables comportant au total 65 variables. Y sont d'abord choisies celles des variantes du modèle qui fournissent chacune la mesure de détermination la plus élevée. Par la suite en sont distraites, au moyen de la méthode de la régression par étapes, celles des variables qui contribuent le moins à la variance totale des flux migratoires. Dans le modèle définitif des migrations sont finalement incluses dix variables indépendantes, à savoir la population légale du Land de provenance et du Land de destination, la distance par autoroute entre les capitales de ces Laender, le produit intérieur brut par habitant pour le Land de provenance et le Land de destination, le nombre de places de théâtre et de cinéma par habitant du Land de provenance et du Land de destination, le réseau des autoroutes et des routes nationales par rapport à la superficie du Land de provenance et du Land de destination, ainsi que l'échange de marchandises entre les Laender. Pour l'année 1973, le coefficient de corrélation multiple de cette formule de régression non-linéaire, dont on a pris les logarithmes, est de 0,947. Contrairement au modèle des migrations de ZIPF et de STEWART, les coefficients de régression dans ce modèle étendu des migrations ne présentent plus tous le signe attendu; à une exception près, ils sont cependant significatifs ou fort significatifs.

A l'appréciation récapitulative des résultats de cette analyse empirique on notera que ces modèles des migrations ne tiennent compte que d'un aspect partiel des mouvements migratoires, à savoir de la destination des flux migratoires. Il n'est pas possible de faire ressortir, à l'aide de ces modèles de migration basés sur l'approche de gravitation, la tendance statistique de l'évolution de la population, la durée du séjour, le laps de temps entre les migrations et d'autres caractéristiques semblables.

Literaturverzeichnis

Albrecht, G.: Soziologie der geographischen Mobilität: Zugleich ein Beitrag zur Soziologie des sozialen Wandels; Stuttgart, 1972

Bennet, C. A.; Franklin, N. L.: Statistical analysis in chemistry and the chemical industry; New York u.a., 1954

Greenwood, M. J.; Sweetland, D.: The determinants of migration between Standard Metropolitan Statistical Areas; Demography, 1972, 9. – S. 665–681

Hoffmann-Nowotny, H.-J.: Migration: ein Beitrag zu einer soziologischen Erklärung; Stuttgart, 1970

IBM Application Program: System/360 Scientific Subroutine package, version III, programmer's manual, Program Number 360A-CM-03X; 5. Aufl., New York, 1970

Johnston, J.: Econometric methods; 2. Aufl., Tokio, 1972

Müller, G.: Interregionale Wanderungen in der Bundesrepublik Deutschland: eine empirische Untersuchung gravitationstheoretischer Wanderungsmodelle – Lehrstuhl für Statistik – Regensburg, Unveröff. Diplomarbeit, 1976

Ravenstein, E. G.: The laws of migration; Journal of the Royal Statistical Society, 1885, 48. – S. 167–227

Ravenstein, E. G.: The laws of migration; Journal of the Royal Statistical Society, 1889, 52. – S. 241–301

Rogers, A.: Matrix methods in urban and regional analysis; San Francisco, 1971

Schneeweiss, H.: Ökonometrie; 3. Aufl., Würzburg, Wien, 1978

Schönfeld, P.: Methoden der Ökonometrie, Band I: Lineare Regressionsmodelle; Berlin, Frankfurt, 1969

Schweitzer, W.: Modelle zur Erfassung von Wanderungsbewegungen; Meisenheim am Glan, 1978

Stewart, J. Q.: A measure of the influence of a population at a distance; Sociometry, 1942, 5. – S. 62–71

Stewart, J. Q.: Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population; Geographical Review, 1947, 37. – S. 461–485

Stewart, J. Q.: Demographic gravitation: evidence and applications; Sociometry, 1948, 11. – S. 31–58

Suits, D. B.: Use of dummy variables in regression equations; Journal of the American Statistical Association, 1957, 52. – S. 548–551

Wonnacott, R. J.; Wonnacott, T. H.: Econometrics; New York u.a., 1970

Zipf, G. K.: The P_1P_2/D hypothesis: on the intercity movement of persons; American Sociological Review, 1946, 11. – S. 667–686

(Anschrift d. Verf.: Prof. Dr. Walter Schweitzer, Lehrstuhl für Statistik der Universität Passau, Postfach 2540, 8390 Passau und Dipl.-Volkswirt Günter Müller, Seminar für Statistik und ihre Anwendungen in den Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der Universität München, Ludwigstr. 33/II, 8000 München 22)