FRANZ-JOSEF KEMPER / DÖRTE ECKERMANN / FRANK HEINS / ALBRECHT MAAS

Das Bevölkerungspotential der Bundesrepublik Deutschland

1. *Das Modell des Bevölkerungspotentials*

Die räumliche Verteilung der Bevölkerung ist eine der wichtigsten Grundlagen, von denen Raumforschung und Regionalplanung auszugehen haben. Zur Darstellung werden im allgemeinen absolute Bevölkerungszahlen oder Dichtewerte herangezogen. Eine sinnvolle Ergänzung und Erweiterung, die bislang im deutschsprachigen Raum allzu wenig benutzt wurde, bietet die Ermittlung des Bevölkerungspotentials, mit dem Lagebeziehungen und Interaktionswahrscheinlichkeiten verdeutlicht werden können. In diesem Beitrag werden Karten des Bevölkerungspotentials der Bundesrepublik vorgestellt und Anwendungen des Potentialkonzepts zur Erfassung großräumiger Veränderungen in der räumlichen Verteilung der Bevölkerung demonstriert[1].

Das Konzept des Bevölkerungspotentials wurde von *John Stewart* entwickelt, der diesen Ansatz aus den Naturwissenschaften in die Sozialwissenschaften übertrug (vgl. *Stewart* 1947). Zuvor gab es zwar schon vereinzelte Arbeiten, die diese Methoden für ihre Untersuchungen verwendet hatten; sie wurden aber nur wenig beachtet. Über eine frühes Beispiel berichtet *Fitzau* (1899) in der Geographischen Zeitschrift. Dieses Konzept hat seinen Ursprung in der Gravitationstheorie (Massenanziehung) und geht davon aus, daß die Bevölkerung eines Raumes nicht gleichmäßig verteilt, sondern unterschiedlich stark konzentriert ist. Die Konzentrationspunkte vergleicht *Stewart* mit physikalischen Massen. Analog zu den physikalischen Gesetzen stellt er die These auf, daß sich die Stärke der Beziehung bzw. der Anziehungskraft zwischen den Konzentrationspunkten (Siedlungen, Gemeinden, Kreise) direkt proportional zu der Größe der Bevölkerung der Punkte und umgekehrt proportional zu der Distanz zwischen den Punkten verhält:

Formel 1

$$P_i = \sum_{j=1}^{n} \frac{E_j}{D_{ij}^b} \quad \text{für } i = 1, \ldots, n$$

Dabei bedeutet:

P_i = Bevölkerungspotential des i-ten Ortes
E_j = Einwohnerzahl des j-ten Ortes
D_{ij} = Distanz zwischen dem i-ten und dem j-ten Ort
b = Distanzexponent (bei *Stewart* gleicht 1)

Diesem Modell liegen folgende Gedanken zugrunde: Die Beziehungen/Interaktionen zwischen den in verschiedenen Orten (Verwaltungsgebieten) eines Landes lebenden Bevölkerungsgruppen hängen von der Bevölkerungszahl der Orte ab. Sie sind um so stärker, je näher die Orte beieinander liegen. Je höher der Distanzexponent gewählt wird, um so restriktiver ist der Einfluß der Distanz. Man kann daher durch die Spezifizierung des Exponenten dem Stand der Transporttechnologie und der Verkehrserschließung eines Gebietes Rechnung tragen. Das Potential dient also der Beschreibung der Anziehungskräfte zwischen „sozialen Massen". Der Wert eines Ortes kann als Maß für die Interaktionswahrscheinlichkeit dieses Ortes in bezug auf alle anderen Orte interpretiert werden.

Stewart selbst führte Berechnungen des Bevölkerungspotentials durch und erstellte die ersten Isopotentialkarten der USA. Als Bezugseinheit wählte er administrative Einheiten (Districts). Neben *Stewart* ist vor allem *Warntz* zu nennen, der eng mit *Stewart* zusammenarbeitete und mehrere Modifikationen des Bevölkerungspotentials entwickelte (*Stewart* und *Warntz* 1958). Hier ist vor allem seine Berechnung des Einkommenspotentials der USA zu nennen (*Warntz* 1973). Ein anderes Vorgehen bei der Berechnung des Bevölkerungspotentials stammt von *Dziewonski* u. a. (1975), die diese Methode auf Polen anwandten. Im Gegensatz zu *Stewart* und *Warntz* konstruierten sie für ihre Untersuchungen einen Quadratraster als Bezugseinheit, um den störenden Faktor der unterschiedlich großen Flächeneinheiten zu eliminieren. Als kartographische Darstellungsart wählten sie Schraffuren.

Neuere Arbeiten über das Bevölkerungspotential befassen sich in erster Linie mit methodischen Fragen; als Beispiel sei hier auf einen Beitrag von *Stokkan* (1975) verwiesen, der die Wahl der Bezugseinheit und des Exponenten b sowie die Festsetzung der Eigendistanz D_{ii} als die drei Hauptprobleme bei der Berechnung des Bevölkerungspotentials ansieht.

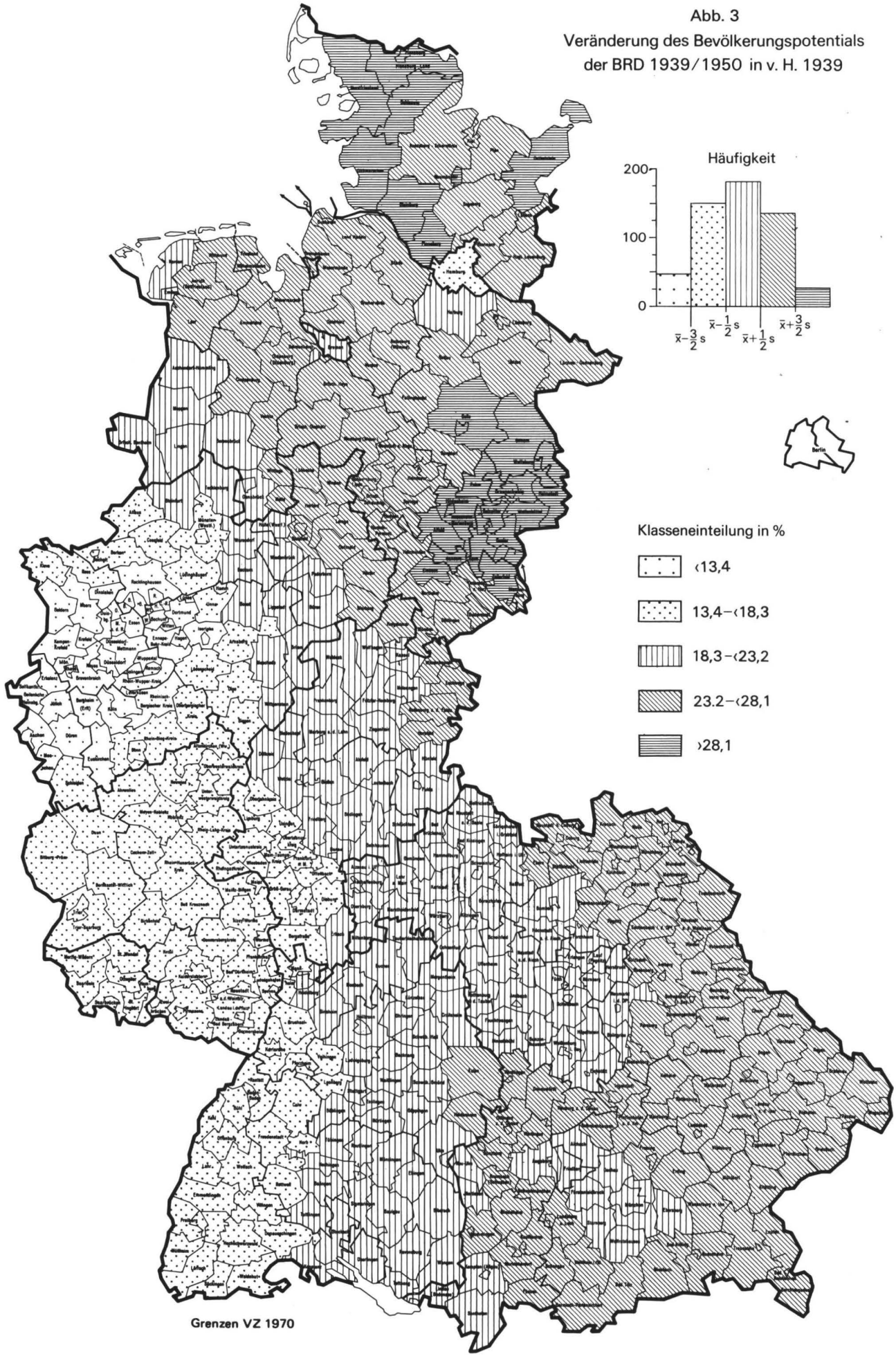
2. *Methodisches Vorgehen*

Die Berechnung des Bevölkerungspotentials wurde für die Jahre 1939, 1950, 1961 und 1970 auf der statistischen Basiseinheit der Kreise (Landkreise und kreisfreie Städte, Gebietsstand VZ 70) der Bundesrepublik durchgeführt[2]. Dies ergab 541 Raumeinheiten. Berlin wurde von den Berechnungen ausgenommen, da der Potentialgedanke bei der Insellage Berlins zu keinen interpretierbaren Ergebnissen geführt hätte.

1 Der Beitrag geht zurück auf ein Projekt einer studentischen Arbeitsgruppe im Rahmen eines Seminars für Bevölkerungsgeographie, das im Wintersemester 1977/78 unter der Leitung von Professor Dr. *W. Kuls* und einem der Verfasser (*F.-J. K.*) an der Universität Bonn durchgeführt wurde.

2 Die Daten wurden von Dr. *Gatzweiler* (BfLR) dankenswerterweise zur Verfügung gestellt. Die Berechnungen erfolgten mit eigenen Programmen am Hochschulrechenzentrum Bonn.

Abb. 3
Veränderung des Bevölkerungspotentials
der BRD 1939/1950 in v. H. 1939



Bei der Berechnung der Distanzen zwischen den Kreisen haben wir uns für die einfachen kilometermäßigen Distanzen (Luftlinie) entschieden, da uns hierfür gesicherte Daten vorlagen (digitalisierte Schwerpunkte der Flächen der Kreise nach der Karte 1:1 000 000 der BfLR mit Korrekturen). Weil die Potentialwerte großräumige Lagebeziehungen abbilden sollen, wurde der Distanzexponent b gleich 1 gesetzt, denn bei der Wahl von b>1 würden Nahbeziehungen auf Kosten potentieller Beziehungen zu entfernteren Kreisen zu stark betont werden.

Der Fall der Eigendistanz erfordert eine besondere Betrachtung. Es wurden folgende Alternativen überprüft: Eigendistanz gleich 12, 10, 6 und 1 km. 12 und 6 sind der ganze bzw. halbe Radius der Durchschnittsfläche aller Kreise Westdeutschlands:

Formel 2

$$D_E = \sqrt{\frac{\textit{Fläche der BRD}}{\textit{Anzahl der Kreise} \cdot \pi}}$$

10 und 1 sind willkürlich gewählte Werte, wobei die Wahl von 1 auf *Duncan* (1957) zurückgeht und von *Frolov* (1977) wegen zu starker Hervorhebung des Eigenpotentials kritisiert wird. Um keine verzerrten Ergebnisse zu erhalten, mußten alle Distanzen zwischen benachbarten Kreisen, die kleiner als der angenommene Wert der Eigendistanz waren, auf letzteren Wert aufgerundet werden.

Ein Vergleich der unterschiedlich berechneten Potentiale macht deutlich, daß die relativen Differenzen zwischen den Verteilungen auf der Basis der Werte 6, 10 und 12 durchschnittlich nur 1 bis 3% betragen, daß aber erhebliche Unterschiede zum Potential mit der Eigendistanz 1 bestehen. Die Verringerung der Eigendistanz weist die höchsten Effekte bei Kreisen auf, die hohe Einwohnerzahlen besitzen.

Je größer die Eigendistanz gewählt wird, um so stärker ist der Nivellierungseffekt bezüglich des Eigenpotentials, das heißt, um so kleiner wird der Anteil des Eigenpotentials am gesamten Potentialwert eines Kreises. Da dieser Effekt dem Grundgedanken des Potentalmodells, wie er hier angewendet wird, entspricht, nämlich die großräumige Lage in bezug auf die Interaktionswahrscheinlichkeit zu verdeutlichen, wurde als Wert für Eigen- und Minimaldistanz 12 km gewählt.

3. *Bevölkerungspotential 1970 und 1939*

Die Karte des Bevölkerungspotentials für 1970 läßt erkennen, daß mit Abstand die höchsten Werte im Ballungsgebiet Rhein-Ruhr erreicht werden (Abb. 1). Um einen inneren Kern, der die meisten Ruhrgebietsstädte enthält und nach Süden bis in das bergische Industriegebiet um Wuppertal und nach Düsseldorf reicht, legt sich eine besonders südlich in den Kölner Raum vorstoßende äußere Zone hohen Potentials. Von den übrigen Ballungsräumen der Bundesrepublik werden durch die folgende Potentialwertstufe (400 000 bis unter 500 000) das Rhein-Main-Gebiet, der Raum Mannheim-Ludwigshafen und randlich das Stuttgarter Verdichtungsgebiet umschlossen. Vergleichbare Lagegunst besitzen aber auch ländlich strukturierte Gebiete in Westfalen, im Sauerland und im Westerwald, so daß sich ein geschlossenes breites Band überdurchschnittlicher Potentialwerte vom Niederrhein über das Rhein-Main-Gebiet bis nach Stuttgart zieht. Auf entsprechend niedrigerem Potentialniveau setzt sich dieses Band nach Südosten über Augsburg nach München fort. Die geringste Lagegunst innerhalb Westdeutschlands weisen einige periphere Kreise im nördlichen Schleswig-Holstein und um Passau auf. Relativ niedrige Potentialwerte sind ferner für weite Teile des Alpenvorlandes und der norddeutschen Tiefebene sowie für den Osten des Bundeslandes Bayern charakteristisch. Dies sind meist auch Gebiete geringer Bevölkerungsdichte.

Vergleicht man das Bevölkerungspotential 1970 mit dem für dasselbe Gebiet berechneten Potential von 1939 (Abb. 2), so fällt zunächst die weitgehende Ähnlichkeit beider Verteilungen auf. Zwar sind die absoluten Werte, der Bevölkerungszahl von 1939 entsprechend (40,5 Mill. gegenüber 58,5 Mill. im Jahr 1970 für das Untersuchungsgebiet) kleiner, doch sind die relativen regionalen Differenzierungen zu beiden Zeitpunkten durchaus gleichartig. Das oben beschriebene Band vom Niederrhein bis Stuttgart ist allerdings noch nicht zu erkennen – die relativen Maxima im Rhein-Ruhr-Raum und im Rhein-Main-Neckar-Gebiet sind noch unverbunden – bzw. durch die Wahl der Schwellenwerte verdeckt. Die großräumige Bevölkerungsverteilung in Westdeutschland, auf der das Potential basiert, ist also im Untersuchungszeitraum im wesentlichen konstant geblieben. Zum selben Ergebnis ist *Borries* (1969) gekommen. Nach seinen Berechnungen mit Hilfe des „Agglomerationsindexes" (Dissimilaritätsindex zwischen Bevölkerung und Fläche) ist der Agglomerationsgrad von 1939 fast identisch mit dem von 1961 und 1965, während die Periode der großen Bevölkerungsagglomerierung in Deutschland, die mit großräumigen Bevölkerungsumverteilungen verbunden war, schon um 1919 abgeschlossen war.

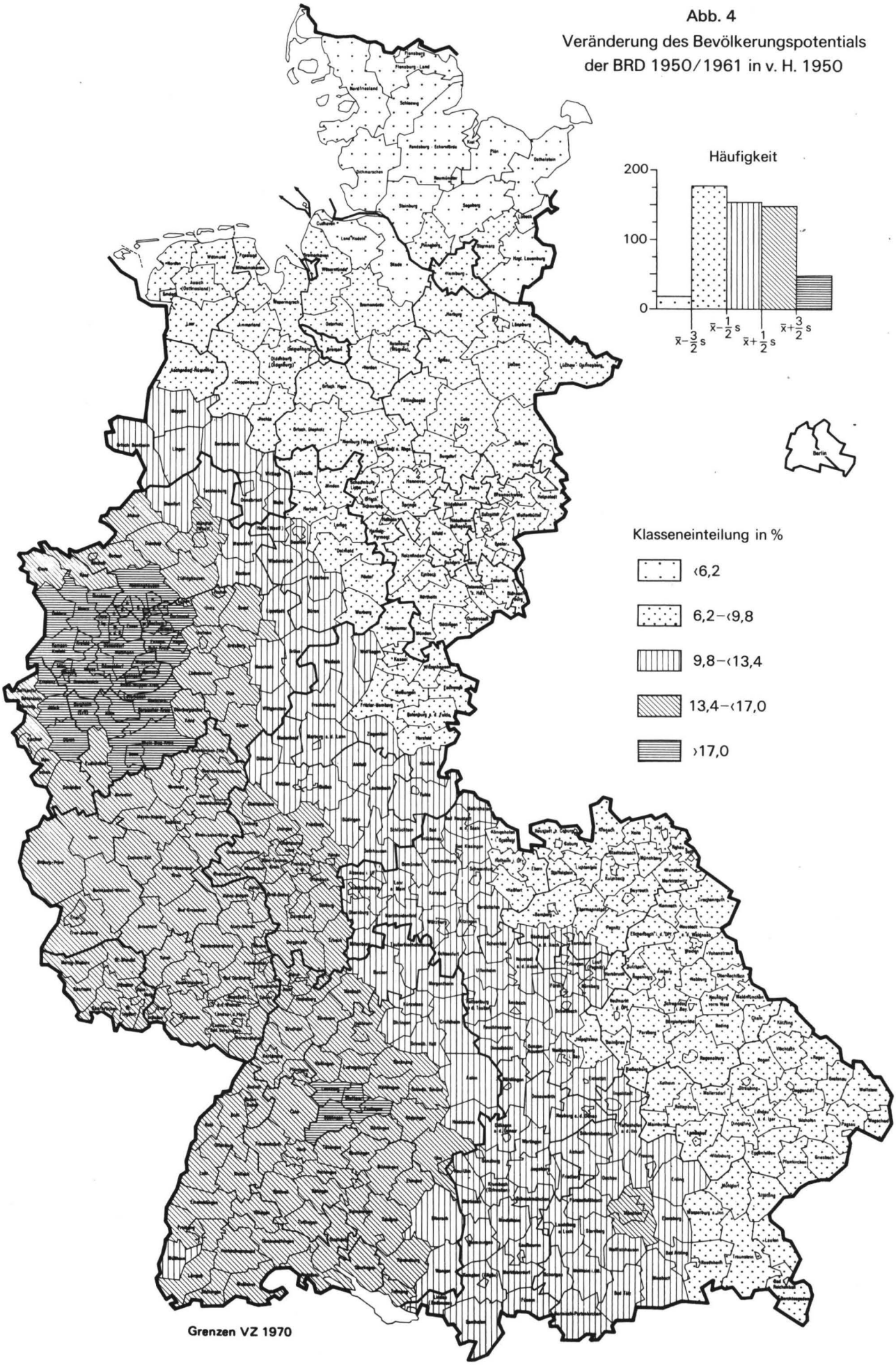
Auch für 1950 und 1961 wurden Karten des Bevölkerungspotentials erstellt, die hier nicht wiedergegeben werden. Durch die jeweils gleiche Wahl der Schwellenwerte läßt sich erkennen, daß mit steigenden Bevölkerungszahlen sich die Zonen gleichen Bevölkerungspotentials in Art eines Diffusionsprozesses vom Zentrum (Rhein-Ruhr-Raum) zur Peripherie entlang einiger, teils oben geschilderter, Achsen ausbreiten, wobei die relativen regionalen Differenzierungen sich nur wenig ändern.

4. *Veränderungen der Potentialverteilungen*

Um einen besseren Einblick in die Unterschiede zwischen den einzelnen Potentialkarten zu gewinnen, wurden für jeden Kreis die Veränderung des Potentials in den Zeiträumen 1939–1950, 1950–1961 und 1961–1970 berechnet, jeweils ausgedrückt in Prozent, und drei Verteilungskarten erstellt. Die drei Verteilungen können zunächst durch folgende Maßzahlen charakterisiert werden:

Abb. 4

Veränderung des Bevölkerungspotentials der BRD 1950/1961 in v. H. 1950



	Mittelwert $\bar{x}$	Standard-abweichung s	Variabilität v $= \frac{s \cdot 100}{\bar{x}}$
1939–1950	20,8	4,9	23,6 %
1950–1961	11,6	3,6	31,0 %
1961–1970	8,7	1,8	20,7 %

Bedingt durch das Bevölkerungswachstum von 1939 bis 1950, das besonders auf Vertriebene, Flüchtlinge und Aussiedler zurückzuführen ist, steigen die Potentialwerte mit einem Durchschnittswert von 21 % stark an (Abb. 3). Dabei ist einerseits eine deutliche Bevorzugung der östlichen peripheren Teilräume der Bundesrepublik – besonders in Schleswig-Holstein, im südöstlichen Niedersachsen und in Ostbayern – sowie ein ost-westliches Gefälle der Werte festzustellen, andererseits ein relatives Zurückbleiben der großen Städte (Rhein-Ruhr-Raum, Hamburg, Bremen, München). Zu erklären sind diese Potentialverschiebungen durch den Zustrom von Vertriebenen und Flüchtlingen aus den östlichen Teilen des ehemaligen Deutschen Reiches, die zunächst vor allem in ländlichen Räumen des Bundesgebietes von Schleswig-Holstein bis Bayern angesiedelt wurden, und durch die kriegsbedingte Evakuierung der Bevölkerung aus den Großstädten, deren Wiederbesiedlung 1950 noch nicht abgeschlossen war (vgl. *Steinberg* 1974a, S. 279). Wie man an den bei *Steinberg* (1974a) wiedergegebenen Karten der Bevölkerungsveränderung auf Kreisbasis und an seiner Periodisierung erkennen kann, müßte der Zeitraum von 1939 bis 1950 durch einen Einschnitt bei Kriegsende in zwei unterschiedliche Perioden zerlegt werden, die von *Steinberg* „Entstädterungsphase" (1939–1946) und „Wiederauffüllphase" (1946–1950) genannt werden. Unsere Potentialkarte gibt dabei mehr die Bevölkerungsveränderung von 1939 bis 1946 wieder.

Die Karte der Veränderung des Bevölkerungspotentials von 1950 bis 1961 (Abb. 4) zeigt eine zur vorhergehenden Karte fast spiegelbildliche räumliche Differenzierung: Das Wachstum steigt von Osten nach Westen und Südwesten und erreicht besonders hohe Werte in einigen Stadtregionen, an erster Stelle im Rhein-Ruhr-Raum. Entsprechend bewegte sich der Bevölkerungsschwerpunkt des Untersuchungsgebietes in Richtung Südwesten, wie *Schwarz* (1970) berechnete. Das Verteilungsbild ist zurückzuführen auf die großräumig wirksame Umsiedlung der Vertriebenen aus dem ländlichen Raum in die Industriegebiete, vor allem im Westen und Südwesten der Bundesrepublik, und auf das Wachstum der Stadtregionen, das sich in der ersten Hälfte der fünfziger Jahre mehr auf die Kernstädte, in der zweiten Hälfte mehr auf die Umlandzonen verteilt (vgl. die entsprechenden Karten der Bevölkerungsveränderung bei *Steinberg* 1974a).

Zu Beginn der sechziger Jahre wurde, bedingt durch den Abschluß des Wiederaufbaus und durch den Abbruch der Flüchtlingsströme aus der DDR, eine gewisse Konsolidierung in der großräumigen Bevölkerungs- und Siedlungsverteilung erreicht (vgl. *Steinberg* 1974b). Dementsprechend sind die durchschnittlichen Veränderungen des Bevölkerungspotentials und deren regionale Variabilität, wie die oben mitgeteilten Zahlen aufweisen, geringer als in den vorangegangenen Jahrzehnten. Das räumliche Bild der Veränderung (Abb. 5) weist eine völlig andere Struktur auf als Abb. 4. Der gesamte nördliche Teil des Untersuchungsgebietes wird durch unterdurchschnittliche Werte gekennzeichnet. Insbesondere trifft dies für das von der Strukturkrise betroffene Ruhrgebiet (vgl. Raum Saarbrücken) und für Hamburg zu, das in der zweiten Hälfte der sechziger Jahre erhebliche Verluste zugunsten der Umlandkreise zu verzeichnen hatte. Dagegen sind hohe positive Veränderungen in Südhessen, ganz Baden-Württemberg und den südlichen Teilen Bayerns zu verzeichnen. Maxima treten in den Regionen um Stuttgart und München auf. Verursacht wurden die dargestellten Potentialwertveränderungen durch die bekannte Erscheinung der Nord-Süd-Wanderung, die auf einer günstigen Einschätzung des Freizeitpotentials im Süden durch Firmen, Arbeitnehmer und andere beruht, aber auch durch die Ausländerzuwanderung, die in den sechziger Jahren immer stärker wurde und die Ballungsräume und Industriegebiete in Südwestdeutschland, im Rhein-Main-Neckar-Gebiet und München bevorzugt (*Selke* 1977, *Giese* 1978).

Vergleicht man Abb. 5 mit Karten der Bevölkerungsveränderung auf Kreisbasis in den sechziger Jahren (z.B. *Atlas zur Raumentwicklung* 1976, *Steinberg* 1974a), auf denen in erster Linie die kleinräumigen Bevölkerungsverschiebungen innerhalb der Ballungsräume sichtbar werden, die durch die Randwanderung bedingt sind, so wird die spezifische Aussagekraft von Veränderungen des Bevölkerungspotentials deutlich. Durch deren Darstellung kann der großräumige Wandel in der Bevölkerungsverteilung und in den Lagebeziehungen erfaßt werden. Kleinräumige Differenzierungen werden „ausgebügelt", ohne daß, wie bei starker Aggregierung der Untersuchungseinheiten, wenig aussagefähige Durchschnittswerte gebildet werden müssen. So können die hier vorgestellten Karten der Potentialänderungen die ganz unterschiedlichen vorherrschenden Richtungen in den relativen Bevölkerungsumverteilungen während der vierziger, fünfziger und sechziger Jahre sehr anschaulich verdeutlichen.

Literatur

Atlas zur Raumentwicklung. Thema 4: Bevölkerung. Hrsg.: Bundesforschungsanstalt für Landeskunde und Raumordnung. – Bonn 1976.

Borries, H.-W. von: Ökonomische Grundlagen der westdeutschen Siedlungsstruktur. – Hannover 1969. = Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Abhandlungen, Bd. 56.

Duncan, O. D.: Population distribution and community structure. In: Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. (1957) Nr. 22, S. 357–371.

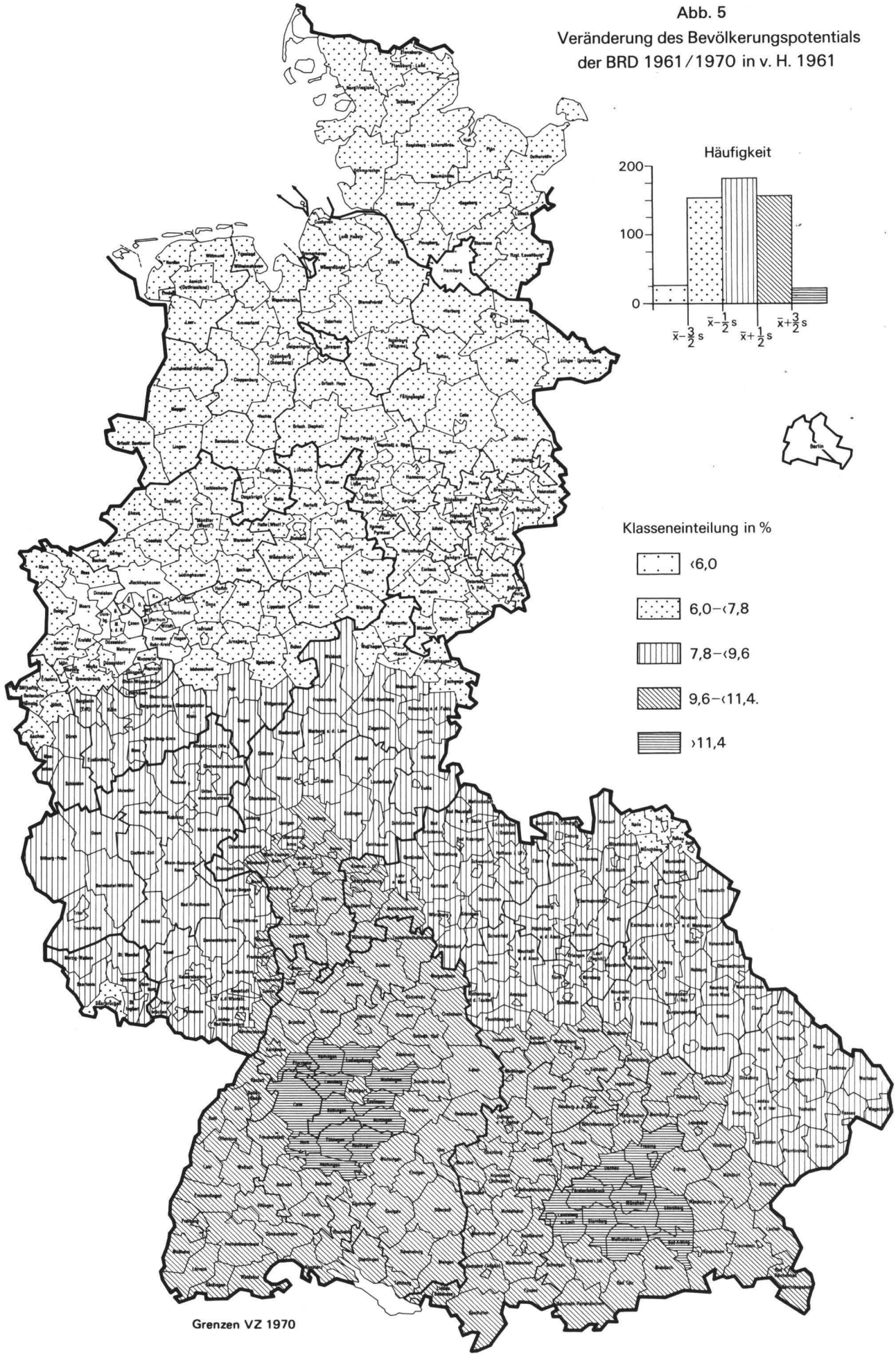
Dziewonski, K.; P. Eberhardt; J. Gadzdzicki; E. Iwanicka-Lyra; J. Krolski; M. Zeniewska: The population potential of Poland between 1950 and 1970. In: Geographia Polonica. (1975) Nr. 31, S. 5–28.

Fitzau, A.: Geographische Neuigkeiten, allgemeine Geographie. In: Geographische Zeitschrift. (1899) Nr. 5, S. 48–50.

Frolov, Y. S.: Mapping of the population potential. In: Soviet Geography. (1977) Nr. 18, S. 179–194.

Abb. 5

Veränderung des Bevölkerungspotentials der BRD 1961/1970 in v. H. 1961



Giese, E.: Räumliche Diffusion ausländischer Arbeitnehmer in der Bundesrepublik Deutsch and. In: Die Erde. (1978) Nr. 109, S. 92–110.

Schwarz, K.: Maßzahlen zur Beurteilung der räumlichen Verteilung der Bevölkerung im Bundesgebiet. In: Wirtschaft und Statistik. (1970) H. 7, S. 337–342.

Selke, W.: Die Ausländerwanderung als Problem der Raumordnungspolitik in der Bundesrepublik Deutschland. – Bonn 1977. = Bonner Geographische Abhandlungen, Bd. 55.

Steinberg, H. G. (a): Die Bevölkerungsentwicklung der Städte in den beiden Teilen Deutschlands vor und nach dem 2. Weltkrieg. – Hannover 1974. = Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Forschungs- und Sitzungsberichte, Bd. 88. S. 265–298.

Steinberg, H. G. (b): Die Bevölkerungsentwicklung in den beiden Teilen Deutschlands nach dem 2. Weltkrieg. In: Geographische Rundschau. (1947) Nr. 26, S. 169–176.

Stewart, J. Q.: Empirical mathematical rules concerning the distribution and equilibrium of population. In: Geographical Review. (1974) Nr. 37, S. 461–485.

Stewart, J. Q.; W. Warntz: Macrogeography and social science. In: Geographical Review. (1958) Nr. 48, S. 167–184.

Stokkan, J.: The potential model. An analysis of some methodological problems. In: Norsk geogr. Tidsskrift. (1975) Nr. 29, S. 111–132.

Warntz, W.: New geography as general spatial systems theory, old social physics writ large? In: Directions in Geography. Hrsg.: *R. L. Chorley.* – London 1973.