

## Zur Messung der regionalen Bevölkerungskonzentration in der Bundesrepublik Deutschland mit Hilfe des Entropie-Maßes

Von Herwig Birg

### Definition des Entropie-Maßes

In letzter Zeit sind in der ökonomischen Literatur verschiedentlich Beiträge erschienen, in denen darauf aufmerksam gemacht wird, daß das seit langem in der Informationstheorie und Physik gebrauchte Maß der Entropie auch in den Sozialwissenschaften anwendbar ist<sup>1</sup>.

Obwohl das Entropie-Maß in den einzelnen Wissenschaftsgebieten formal einheitlich definiert wird, kann es inhaltlich auf sehr unterschiedliche Weise interpretiert werden. Aus der folgenden Interpretation wird die universelle Anwendbarkeit dieses Maßes besonders deutlich: Die Entropie ist eine Größe, mit der sich die Gleichheit bzw. die Ungleichheit jeder Häufigkeitsverteilung kardinal messen läßt. Bezeichnet man mit  $p_i$  den relativen Anteil des Merkmalsträgers  $i$  an der Summe des auf  $n$  Merkmalsträger verteilten Merkmals, so wird die Entropie als folgendes Maß definiert

$$(1) \quad H := -c \sum_{i=1}^{i=n} p_i \log p_i.$$

Hierin ist  $c$  eine beliebige positive Konstante, und der Logarithmus kann zu jeder Basis gewählt werden. Die maßtheoretischen Eigenschaften von (1) bleiben unverändert<sup>2</sup>, wenn  $c$  gleich 1 gesetzt und der natürliche Logarithmus verwendet wird. Man erhält dann folgende Definition für die Entropie ( $H$ ), die den Berechnungen in dieser Arbeit zugrunde gelegt wurde

$$(2) \quad H := - \sum_{i=1}^{i=n} p_i \ln p_i.$$

Auf die wahrscheinlichkeitstheoretischen Interpretationsmöglichkeiten dieses Maßes sowie auf seine Ähnlichkeit mit dem Maß der Varianz wurde in den zitierten Arbeiten ausführlich eingegangen. Es kann daher auf diese Literatur verwiesen werden<sup>3</sup>.

Für die Zwecke dieser Untersuchung genügt es, folgende Eigenschaft des Entropie-Maßes hervorzuheben. Ist die Gesamtmenge des Merkmals auf einen einzigen Merkmalsträger konzentriert (minimale Gleichheit der Verteilung bzw. minimale Entropie), so ist  $H = 0$ . Verteilt sich dagegen das Merkmal auf alle  $n$  Merk-

malträger zu gleichen Anteilen ( $p_i = \frac{1}{n}$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ ),

so ist  $H = \ln n$ . Das Entropie-Maß besitzt also eine absolute Untergrenze, während die Obergrenze von der Anzahl  $n$  der Merkmalsträger abhängt. Für einen Vergleich von zwei Verteilungen, die eine unterschiedliche Anzahl von Merkmalsträgern besitzen, ist das Maß  $H$  daher nur anwendbar, wenn man es mit dem Maximalwert  $\ln n$  normiert. Durch diese Normierung erhält man die relative Entropie  $H^*$

$$(3) \quad H^* := \frac{\ln n - H}{\ln n}, \quad 0 \leq H^* \leq 1,$$

die sowohl eine feste Untergrenze (den Wert 0) als auch eine feste Obergrenze (den Wert 1) besitzt.

<sup>1</sup> Vgl. z. B. H. Paschen und R. Buyse: Zur Messung der Betriebs- und Unternehmenskonzentration, in: Statistische Hefte, 12. Jg., 1971, Heft 1, S. 2–13. S. Geisenberger und W. Mälich: Informationstheoretische Messung regionaler Konzentrationserscheinungen, in: Raumforschung und Raumordnung, 29. Jg., Heft 1 (Febr. 1971), S. 19–24. A. G. Wilson: Entropy in urban and regional modelling, London 1970.

<sup>2</sup> Vgl. H. Paschen und R. Buyse: Zur Messung ..., op. cit., S. 8.

<sup>3</sup> Besonderes Interesse verdienen dabei die Ansätze, die es ermöglichen, mit Hilfe der Entropie-Maximierung die Felderwerte einer Matrix allein aus den Randverteilungen zu schätzen. Vgl. G. Wilson: Entropy in urban and regional modelling, op. cit., S. 5 ff.

## Die Entropie als Maß der Bevölkerungskonzentration

In der Bundesrepublik gibt es etwa 24 000 Gemeinden, deren Einwohnerzahlen vom Statistischen Bundesamt im Amtlichen Gemeindeverzeichnis der Bundesrepublik Deutschland für die Jahre 1950 und 1961 veröffentlicht wurden. Diese Veröffentlichung besitzt gegenüber den Publikationen der statistischen Landesämter über den jährlichen Bevölkerungsstand der Gemeinden den Vorteil, daß sie zwei zeitliche Querschnitte der räumlichen Bevölkerungsverteilung ergibt, die beide auf einen einheitlichen Stand der Gemeindegrenzen umgerechnet sind: Die zahlreichen Auflösungen, Grenzänderungen und Zusammenschlüsse von Gemeinden sind vom Statistischen Bundesamt dadurch berücksichtigt worden, daß die Einwohnerzahl jeder Gemeinde im Jahre 1950 zu demjenigen Gebietsstand ausgewiesen wurde, der sich im Jahre 1961 herausgebildet hatte.

Es liegt auf der Hand, daß sich dieses Material vorzüglich dafür eignet, die relative Entropie der Bevölkerungsverteilung in den Regionen der BRD und ihre zeitliche Veränderung zu berechnen. Als regionale Einheiten wurden hier die Regierungsbezirke verwendet. In Gleichung (2) muß also  $p_i$  lediglich durch den Anteil der Gemeinde  $i$  an der Bevölkerung der Region ersetzt werden, in der die Gemeinde  $i$  liegt.

Dabei ist allerdings zu bedenken, daß das so berechnete Entropie-Maß von der Abgrenzung der Gemeinden beeinflusst wird. In dieser Arbeit wurden die amtlichen Verwaltungsgrenzen der Gemeinden zugrunde gelegt. Dies ist sicherlich nicht in jedem Falle sinnvoll, wenn man an Zwillingstädte wie Ulm und Neu-Ulm oder Mannheim und Ludwigshafen denkt, deren Bevölkerungsanteile getrennt in die Berechnungsformel für das Entropie-Maß eingegeben wurden, obwohl diese Städte in vieler Hinsicht eine Einheit bilden. Entsprechendes läßt sich in bezug auf die Megalopolis des Ruhrgebiets oder andere Ballungsgebiete sagen, deren Gemeinden ökonomisch und siedlungsgeographisch zusammengewachsen sind. Eigentlich hätte daher vor Berechnung der Entropie-Maße die verwaltungsmäßige Abgrenzung der Gemeinden überprüft und gegebenenfalls durch sinnvollere Abgrenzungen ersetzt werden müssen – eine Arbeit, die in Anbetracht der Anzahl der zu überprüfenden Gemeinden nicht durchgeführt werden konnte.

Unabhängig davon hängt das Entropie-Maß auch von der Abgrenzung der Regionen ab, denen die Gemeinden zugeordnet werden. Auch die Wahl der Regierungsbezirke als Teilregionen der BRD ist sicherlich nicht zufriedenstellend. Da jedoch die Mehrzahl der statistischen Unterlagen, die für die nachfolgend durchgeführten Regressionen benötigt wurden, für Regierungsbezirke am leichtesten zugänglich sind,

wurde diese Abgrenzung übernommen. Dieses Verfahren hat darüber hinaus den Vorteil, daß die Ergebnisse mit denen anderer Arbeiten konfrontiert werden können, in denen ebenfalls Regierungsbezirke als regionale Einheiten verwendet wurden.

Im Entropie-Maß spiegeln sich weder die Größe der besiedelten Fläche noch die absolute Anzahl der Einwohner einer Region wider, sondern ausschließlich die Art der Verteilung der Einwohner über die Fläche. Für zwei Regionen, die extreme Unterschiede in der Bevölkerungsdichte aufweisen, wie z. B. die Regierungsbezirke Oberbayern und Köln, kann sich infolgedessen die gleiche relative Entropie ergeben. Daß die Regressionen des Entropie-Maßes mit anderen Variablen dennoch zu relativ guten Ergebnissen geführt haben, unterstreicht die Nützlichkeit der Entropie als statistisches Maß.

In der Tabelle 1 ist die relative Entropie  $H^*$  für die Jahre 1950 und 1961 in jedem Regierungsbezirk angegeben. In einer weiteren Spalte wurde die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate ausgewiesen, mit der sich  $H^*$  von 1950 bis 1961 entwickelt hat. Es zeigt sich, daß die Entropie, d. h. die Ungleichheit der räumlichen Verteilung, erwartungsgemäß in allen Regierungsbezirken zugenommen hat, mit Ausnahme des Saarlandes, wo sie geringfügig abnahm. Überraschend dürfte jedoch der Umstand sein, daß Mittelfranken im Jahre 1961 mit einem Entropie-Maß von 0,378 den zweithöchsten Wert nach Wiesbaden mit 0,383 erreicht<sup>4</sup>.

Um das Zusammenspiel von Bevölkerungsdichte und Entropie zu analysieren, wurden folgende drei Regressionen berechnet:

- a) Bevölkerungsdichte 1961 – Entropie 1961, Korrelationskoeffizient: 0,55,
- b) Bevölkerungsdichte 1950 – durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Entropie von 1950 bis 1961, Korrelationskoeffizient: -0,58,
- c) durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Bevölkerungsdichte von 1950 bis 1961 – durchschnittliche jährliche Wachstumsrate der Entropie von 1950 bis 1961, Korrelationskoeffizient: -0,49.

Aus den Vorzeichen dieser drei Korrelationskoeffizienten ergibt sich, daß in der Regel

1. eine hohe Entropie mit einer hohen Bevölkerungsdichte verbunden ist,
2. das Wachstum der Entropie um so größer ist, (a) je kleiner die Bevölkerungsdichte ist und (b) je

<sup>4</sup> Abgesehen von den Stadtstaaten Hamburg und Berlin, in denen die Entropie definitionsgemäß 1 ist. Für den Stadtstaat Bremen hingegen errechnet sich infolge der Aufteilung dieses Landes in die beiden Städte Bremen und Bremerhaven ein Koeffizient von 0,276.

**Bevölkerungsdichte und relative Entropie der räumlichen Bevölkerungsverteilung in den Regierungsbezirken der BRD**

Land bzw. Regierungsbezirk	Bevölkerungsdichte Einwohner je qkm		Relative Entropie der Bevölkerungsverteilung ( $H^*$ )		Durchschnittliche jährliche Wachstumsrate in vH	
	1950 <sup>1)</sup>	1961	1950	1961	d. Bevölkerung bzw. Bevölkerungsdichte	der relativen Entropie
Schleswig-Holstein	165,7	148,0	0,223	0,267	- 1,02	1,63
Hamburg	2 148,8	2 452,2	1,000	1,000	1,21	0,00
Niedersachsen						
Hannover	211,0	221,3	0,291	0,370	0,44	2,23
Hildesheim	195,0	180,9	0,152	0,194	- 0,68	2,23
Lüneburg	90,3	86,8	0,148	0,196	- 0,37	2,59
Stade	97,4	86,5	0,126	0,149	- 1,07	1,50
Osnabrück	109,7	114,5	0,178	0,220	0,39	1,92
Aurich	122,8	117,7	0,134	0,158	- 0,38	1,54
Braunschweig	279,3	274,2	0,307	0,354	- 0,17	1,31
Oldenburg	149,0	142,3	0,160	0,175	- 0,42	0,84
Bremen	1 383,5	1 749,4	0,270	0,276	2,16	0,22
Nordrhein-Westfalen						
Düsseldorf	785,8	982,0	0,339	0,344	2,05	0,13
Köln	419,3	534,3	0,350	0,375	2,23	0,62
Aachen	251,7	303,9	0,216	0,235	1,73	0,78
Münster	261,8	309,7	0,226	0,249	1,54	0,89
Detmold	231,5	247,9	0,156	0,177	0,63	1,18
Arnsberg	396,7	469,2	0,318	0,339	1,54	0,58
Hessen						
Darmstadt	212,8	246,0	0,164	0,207	1,33	1,89
Kassel	137,1	136,6	0,167	0,209	- 0,03	2,06
Wiesbaden	306,9	357,9	0,347	0,383	1,41	0,90
Rheinland-Pfalz						
Koblenz	141,1	158,7	0,149	0,173	1,08	1,34
Trier	87,8	94,0	0,174	0,192	0,63	0,92
Montabaur	134,5	143,2	0,100	0,113	0,57	1,09
Rheinhausen	288,5	336,2	0,251	0,314	1,41	2,06
Pfalz	192,9	227,8	0,189	0,215	1,52	1,19
Baden-Württemberg						
Nordwürttemberg	230,5	287,1	0,239	0,257	2,01	0,64
Nordbaden	286,6	331,3	0,273	0,302	1,33	0,93
Südbaden	134,4	163,3	0,138	0,158	1,78	1,23
Südwestfalen/Hohenzollern	117,3	138,5	0,124	0,145	1,53	1,59
Bayern						
Oberbayern	150,4	168,6	0,308	0,367	1,05	1,61
Niederbayern	100,5	89,4	0,083	0,103	- 1,06	1,94
Oberpfalz	93,0	92,3	0,174	0,198	- 0,07	1,20
Oberfranken	148,7	144,9	0,176	0,189	- 0,24	0,66
Mittelfranken	168,5	180,4	0,326	0,378	0,62	1,37
Unterfranken	122,4	128,4	0,132	0,169	0,44	2,31
Schwaben	128,6	133,1	0,172	0,209	0,31	1,73
Saarland	372,3	417,8	0,187	0,186	1,06	- 0,05
Berlin (West)	4 463,5	4 568,6	1,000	1,000	0,21	0,00

<sup>1)</sup> Bezogen auf den Gebietsstand in den Verwaltungsgrenzen vom 6. 6. 1961.

langsamer die bereits erreichte Bevölkerungsdichte wächst.

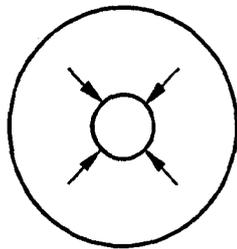
Dieser Sachverhalt läßt sich schematisch durch die folgende Abbildung darstellen. Das erste Bild veranschaulicht eine Phase der Bevölkerungsbewegung, die sich in den dünn besiedelten Regionen abspielt: Bei geringer Dichte zeigt sich ein deutlicher Trend zur Verstädterung, der sich in einer hohen Wach-

tumsrate der Entropie ausdrückt. In die gleiche Richtung wirkt auch die Raumordnungspolitik von Bund und Ländern insofern, als sie zum Ziel hat, die relativ gleichförmige Besiedlung der ländlichen Räume durch die Förderung von zentralen Orten stärker zu differenzieren<sup>5</sup>.

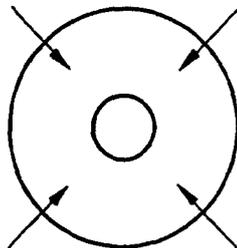
<sup>5</sup> Vgl. Regionale Aktionsprogramme 1970, Der Bundesminister für Wirtschaft, Februar 1971.

## SCHEMA DER BEVÖLKERUNGSBEWEGUNG IN EINER REGION

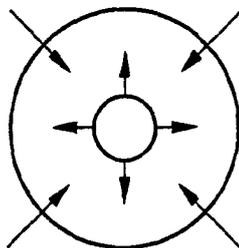
1. mit geringer  
Bevölkerungs-  
dichte und  
raschem  
Wachstum der  
Entropie,



2. mit großem  
Wachstum der  
Bevölkerungsdichte  
und geringem  
Wachstum der  
Entropie,



3. mit hoher und  
weiter wachsender  
Bevölkerungsdichte  
und abnehmender  
Entropie.



DIW 71

In denjenigen Regionen, in denen die Bevölkerungsdichte infolge von Zuwanderungen aus anderen Regionen stark zunimmt, verteilen sich offensichtlich die Wanderungen gleichmäßiger über die Regionen: die Entropie wächst nur langsam (Bild 2). Es läßt sich nun noch eine dritte Phase der Entwicklung voraussehen (Bild 3), die dadurch gekennzeichnet ist, daß die Bevölkerung aus den Kernzonen der Ballungszentren in die Randzonen abwandert. In diesem Falle wird die Entropie bei sehr hoher und weiter wachsender Bevölkerungsdichte abnehmen. Aus dem in dieser Arbeit verwerteten statistischen Material für den Zeitraum von 1950 bis 1961 läßt sich dieser Sachverhalt allerdings noch nicht ableiten. Möglicherweise liefern die Ergebnisse der Volkszählung von 1970 hier gewisse Anhaltspunkte.

## Vergleich des Entropie-Maßes mit der Bevölkerungsdichte

Als Maß für die Bevölkerungskonzentration eines Gebietes wird in der Regionalökonomie noch überwiegend die Bevölkerungsdichte verwendet. Insbesondere zur Abgrenzung von „Verdichtungsräumen“, „Entleerungsräumen“, „Stadtregionen“, „ländlichen Gebieten“ und ähnlichen Raumtypen dient dieses Maß (oft zusammen mit anderen Merkmalen) als Abgrenzungskriterium. Hierzu schreibt G. Isbary: „Der entscheidende Nachteil ... (dieses Maßes, d. Verf.) ... liegt darin, daß die Topographie mit ihren sehr unterschiedlichen Einflüssen auf die Besiedelbarkeit eines Raumes vernachlässigt wird.“<sup>6</sup> Dem wäre hinzuzufügen, daß selbst bei gleicher Topographie die Bevölkerungsdichte ein sehr unvollkommenes Maß der Verdichtung oder Konzentration ist. Denn bei zwei flächengleichen Regionen mit gleicher Einwohnerzahl würde sich auch dann die gleiche Bevölkerungskonzentration ergeben, wenn die Bevölkerung in der einen Region auf eine Vielzahl von Dörfern und kleinen Städten aufgeteilt ist, während sich die Bevölkerung in der anderen Region in einer einzigen Stadt konzentriert.

Außer zur Abgrenzung von Raumtypen ist das Maß der Bevölkerungsdichte auch dazu verwendet worden, die „Kommunikationskosten“ einer Region zu messen: „Bei geringer Dichte sind für täglichen Dienstleistungskontakt, Versorgung, Belieferung etc. große Entfernungen zurückzulegen. Mit steigender Dichte verringern sich diese Entfernungen, steigen jedoch die Reibungsverluste ...“<sup>7</sup>. Die Bevölkerungsdichte wird hier also als eine Hilfsvariable zur Beschreibung der sehr unterschiedlichen Faktoren verwendet, die auf die Kommunikationskosten einen Einfluß ausüben.

Es sei schließlich ein drittes Beispiel erwähnt, das die Anwendung von Dichteziffern als erklärende Variable in der Regionalökonomie illustriert. In den USA wurden die Wachstumsraten der Bevölkerung von 125 Stadtregionen durch einen multiplen linearen Regressionsansatz mit 6 Regressoren untersucht. Einer der Regressoren wurde durch die Bevölkerungsdichte ausgedrückt. Der Test der Gleichung erbrachte einen multiplen Korrelationskoeffizienten von 0,75<sup>8</sup>.

Diese vielfältige Verwendung des Dichtemaßes legt die Frage nahe, ob nicht das Entropie-Maß bei der

<sup>6</sup> G. Isbary: Gebiete mit gesunden Strukturen und Lebensbedingungen, Hannover 1969, S. 32.

<sup>7</sup> D. Schröder u. Mitarbeiter: Strukturwandel, Standortwahl und regionales Wachstum, Prognos Studien 3, Stuttgart, Berlin 1968, S. 113.

<sup>8</sup> Vgl. W. Isard: Methods of Regional Analysis: An Introduction to Regional Science. Cambridge, Mass.: The M. I. T. Press, Sixth printing, April 1969, S. 21/22.

Hypothesenbildung immer dann besser geeignet ist als das Dichtemaß, wenn es um das Problem der räumlichen Konzentration der Bevölkerung geht. Insbesondere erscheint die Frage einer Überlegung wert, ob nicht an Stelle der Bevölkerungsdichte als einer unabhängigen Variablen in multiplen Regressionsansätzen besser das Entropie-Maß verwendet oder beide Variablen in den Regressionsansatz aufgenommen werden sollten<sup>9</sup>.

Diese Frage wurde überprüft, indem eine willkürlich ausgewählte Gruppe von 15 Variablen – bei denen eine Abhängigkeit von der Bevölkerungsdichte oder von einer wie auch immer zu messenden Bevölkerungskonzentration nicht unplausibel erschien – einmal mit dem Entropie-Maß  $H^*$  und zum anderen mit der Bevölkerungsdichte korreliert wurde.

Es wurde versucht, die Auswahl der Variablen so zu treffen, daß sie möglichst unterschiedliche Bereiche der sozio-ökonomischen Entwicklung abdecken<sup>10</sup>. Mit der Zurechnung der 15 Variablen zu den fünf Gruppen

- Wohnungssektor,
- öffentliche und private Dienste,
- Industrie und Landwirtschaft,
- Produktivität,
- Generatives Verhalten,

soll jedoch keinesfalls der Anspruch erhoben werden, daß die Liste der sozio-ökonomischen Bereiche oder die der Variablen, mit denen die einzelnen Bereiche gekennzeichnet werden, repräsentativ ist.

Das Ergebnis der Korrelationen ist in der folgenden Tabelle wiedergegeben. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 vH sind für das Entropie-Maß unter den 15 Korrelationskoeffizienten 12 signifikant, für das Dichtemaß dagegen nur 6. Daraus den Schluß zu ziehen, das Entropie-Maß hätte in jedem Falle den größeren Erklärungswert, wäre allerdings voreilig, denn für eine derartige Schlußfolgerung wäre es sicher nötig, die Anzahl der getesteten Regressionen zu vervielfachen.

Zusätzlich zu diesen Einzelregressionen wurden auch die multiplen Regressionsansätze überprüft, bei denen sowohl das Entropie-Maß als auch die Bevölkerungsdichte als erklärende Variable verwendet wurden. Die multiplen Korrelationskoeffizienten lagen jedoch kaum über denen der einfachen Regressionen, mit Ausnahme der Regressionen Nr. 10 und 14. Unter den signifikanten Einfachregressionen gibt es also nur zwei, bei denen sich das Ergebnis durch Verwendung beider erklärenden Variablen nennenswert verbessert hat.

Die Ergebnisse der Einzelregressionen aus der Variablengruppe Wohnungssektor (vgl. Regressionen Nr. 1 bis 4) zeigen, daß das Mietenniveau sowohl 1956

als auch 1968 recht gut mit der Entropie korreliert<sup>11</sup>. Ein ähnliches Resultat läßt sich für die Wohnungsqualität nicht nachweisen. Darin spiegelt sich deutlich die Nivellierung in der Qualität der Wohnungsverorgung, die jedoch zu keiner Angleichung der Mieten geführt hat. Daraus folgt, daß Wohnungen mit gleichem Qualitätsniveau in Regierungsbezirken mit hoher Bevölkerungskonzentration teurer sind als in Regierungsbezirken mit weitgehender Gleichverteilung der Bevölkerung.

Die in der Variablengruppe öffentliche und private Dienste errechneten Ergebnisse weisen eindeutig darauf hin, daß der Versorgungsgrad mit zentralen Diensten eher eine Funktion der Entropie als der Bevölkerungsdichte ist. Die Korrelationskoeffizienten sind dabei z. T. beachtlich hoch.

Schwer zu interpretieren sind die Ergebnisse aus der Variablengruppe Industrie und Landwirtschaft, mit Ausnahme der Regression Nr. 10 (Anteil der Erwerbstätigen in der Landwirtschaft), deren Korrelationskoeffizient das erwartete negative Vorzeichen besitzt. Es ist jedoch erstaunlich, daß der Unterschied dieses Koeffizienten für die Entropie im Vergleich zu dem Koeffizienten für die Bevölkerungsdichte gering ist, obwohl die Bedeutung des Faktors Boden für die Landwirtschaft im Entropie-Maß nicht erfaßt wird.

Die Regressionen Nr. 11 und 12 (Anteil der in der Industrie Beschäftigten an der Wohnbevölkerung bzw. an der Gesamtbeschäftigung) erbringen für die Bevölkerungsdichte, nicht aber für die Entropie, signifikante Koeffizienten. Dieser Tatbestand läßt sich wohl ohne zusätzliche Untersuchungen über die Standortwahl von Industriebetrieben nicht befriedigend erklären. Die Regression Nr. 13 besitzt negative Regressionskoeffizienten. Hieraus läßt sich folgern, daß die standortbindenden Faktoren, wie beispielsweise die Verfügbarkeit an Rohstoffen, in dünn besiedelten Gebieten häufiger vertreten sind als in Gebieten mit starker Bevölkerungskonzentration und

<sup>9</sup> Neben dem Dichte- und dem Entropie-Maß gibt es noch die Möglichkeit, Konzentrationserscheinungen durch die Angabe von Gemeindegrößenklassen zu beschreiben. Für die Umrechnung dieser Klassen in eine einzige kardinale Konzentrationsziffer wäre jedoch ein Verfahren nötig, das dem Entropie-Ansatz ähneln müßte.

<sup>10</sup> Viele Querschnittsdaten wurden aus dem zitierten Band der „Prognos Studien 3“ entnommen, in dem fast alle regionalstatistischen Daten verarbeitet sind, die für den untersuchten Zeitraum 1950–1961 relevant und verfügbar waren.

<sup>11</sup> Regionale Angaben über das Mietenniveau wurden vom Statistischen Bundesamt in der Wohnungsstatistik 1956/57 und in der Gebäude- und Wohnungszählung 1968 veröffentlicht.

<sup>12</sup> Standortabhängige Industrien in der Abgrenzung der „Prognos Studien 3“, op. cit., S. 76: Landwirtschaft, Bergbau, Grundstoff- u. Produktionsgüterindustrie (ohne Kautschukverarbeitung), Schiffbau, Feinkeramik, Glasindustrie, Nahrungs- u. Genußmittelindustrie.

**Testvergleich für die Abhängigkeit verschiedener Variablen von der Entropie der Bevölkerungsverteilung einerseits und von der Bevölkerungsdichte andererseits bei einer linearen Querschnittsregression mit Regierungsbezirken (ohne Hamburg, Bremen und Berlin/West)**

Lfd. Nr.	Abhängige Variable	Einfachregression			Multiple Regression mit der Entropie der Bevölkerungsverteilung und der Bevölkerung pro qkm	
		Korrelationskoeffizient bei einer linearen Regression der abhängigen Variablen auf die relative Entropie der Bevölkerungsverteilung $H^*$ 1961	Bevölkerung pro qkm	Signifikanzgrenze des Korrelationskoeffizienten (Irrtumswahrscheinlichkeit 1 vH) <sup>1)</sup>	Korrelationskoeffizient	Signifikanzgrenze bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 vH
<b>Wohnungssektor</b>						
1	Quadratmetermiete 1968 ..	0,62	0,36	0,47	0,68	0,55
2	Anteil der Wohnungen mit Bad, WC, Zentralheizung 1968 .....	0,28	0,19	0,47	0,28	0,55
3	Durchschnittl. Wohnungsmiete 1956 .....	0,72	0,54	0,46	0,74	0,54
4	Anteil der Wohnungen mit Strom, Wasser, Bad u. Zentralheizung 1956 ....	0,55	0,64	0,46	0,67	0,54
<b>Öffentliche und private Dienste</b>						
5	Erwerbstätige in zentralen Diensten je 1000 Erwerbstätige 1961 <sup>2)</sup> .....	0,78	0,44	0,46	0,78	0,54
6	Erwerbstätige in Erziehung und Sport je 1000 Einwohner 1961 .....	0,33	0,17	0,46	0,33	0,53
7	Erwerbstätige im kulturellen Bereich je 1000 Einwohner 1961 .....	0,55	0,24	0,46	0,55	0,53
8	Anteil des Handels am Bruttoinlandsprodukt 1961	0,56	0,37	0,44	0,56	0,51
9	Erwerbstätige in den non basic-Sektoren 1961 auf 1000 Erwerbstätige <sup>3)</sup> ....	0,61	0,28	0,46	0,61	0,53
<b>Industrie und Landwirtschaft</b>						
10	Erwerbstätige in der Landwirtschaft auf 1000 Erwerbstätige 1961 .....	- 0,69	- 0,73	0,44	0,81	0,51
11	Erwerbstätige in der Industrie auf 1000 Einwohner 1962 .....	0,44	0,58	0,44	0,60	0,51
12	Erwerbstätige in der Industrie auf 1000 Erwerbstätige 1961 .....	0,43	0,64	0,47	0,65	0,55
13	Erwerbstätige in den standortabhängigen Industrien auf 1000 Erwerbstätige 1961 <sup>4)</sup> .....	- 0,68	- 0,42	0,46	0,68	0,53
<b>Produktivität</b>						
14	Bruttoinlandsprodukt in DM je Beschäftigten 1961	0,72	0,71	0,44	0,82	0,51
<b>Generatives Verhalten</b>						
15	Geburten auf 1000 Frauen 1961 .....	- 0,73	- 0,40	0,44	0,73	0,51

<sup>1)</sup> Die unterschiedliche Signifikanzgrenze beruht auf Unterschieden im Stichprobenumfang. — <sup>2)</sup> Die Anteile der Erwerbstätigen in den Bereichen Großhandel, Spedition, Post, Kreditinstitute, Versicherungsgewerbe, Beratung und Werbung, Organisationen und Verbände und Gebietskörperschaften an allen Erwerbstätigen 1961 wurden jeweils auf den Durchschnitt der BRD normiert, der gleich 100 gesetzt wurde. Aus den so normierten Reihen wurde das arithmetische Mittel gebildet. Vgl. D. Schröder und Mitarbeiter, „Prognos Studien 3“, op.cit., S. 258. — <sup>3)</sup> Energie und Wasserversorgung, Kleingewerbe, Baugewerbe, Handel, Verkehr, Kredit u. Versicherungen, Staat und Organisationen, übrige Dienstleistungen; Abgrenzungen gemäß D. Schröder und Mitarbeiter, „Prognos Studien 3“, op.cit., S. 95. — <sup>4)</sup> Abgrenzung nach D. Schröder und Mitarbeiter, „Prognos Studien 3“, op.cit., S. 76.

hoher Bevölkerungsdichte. Die Regierungsbezirke des Ruhrgebietes, die sowohl ausgeprägte Standortfaktoren wie auch eine beträchtliche Bevölkerungskonzentration aufweisen, wären hierbei als Ausnahme zu betrachten.

Die beiden letzten Regressionen (Produktivität und generatives Verhalten) haben zu den erwarteten Ergebnissen geführt. Bei der Variablen „generatives Verhalten“ überrascht jedoch das Ausmaß, um das der Koeffizient für die Entropie den entsprechenden Koeffizienten für die Bevölkerungsdichte übersteigt.

### **Summary**

In view of the universal applicability of the entropy index for calculating relative evenness of distribution, it was undertaken to measure the equality of spatial distribution of population in the Federal Republic of

Germany at various times. These calculations revealed that the spatial distribution of population became more uneven in the period 1950–1961. The change was greatest in areas with low population density and least in areas with high population density.

The entropy index was compared with the index of population density for its coefficient of correlation to variables for which a correlation to the spatial concentration of population (however measured) was assumed. This revealed that in a large number of cases the entropy index has a greater coefficient of correlation than does population density. Subsequently, regression approaches which take population density as a regression variable should be examined to determine whether the best results are obtained when density of population is replaced by the entropy index or when both indexes are used in a multiple approach.