

HANS-FRIEDRICH ECKEY

Zwei Methoden zur Abgrenzung und Unterteilung funktionaler Regionen: Die Faktoren- und die Input-Output-Analyse

A. Einleitung

Grundlage einer jeden regionalpolitischen Planung und Durchführung ist die Konstituierung eines Erkenntnisobjektes, d. h. einer Region, die zum Gegenstand des Handelns gemacht werden soll. Der erste Schritt einer logisch richtig aufgebauten regionalpolitischen Aktivität muß also in einer Raumabgrenzung bestehen. Dabei sind die Außengrenzen einer Region in statischer und dynamischer Hinsicht durchaus variabel, da einerseits unterschiedliche Erkenntnisinteressen auch divergierende Raumabgrenzungen erfordern und andererseits die raumprägenden Einflußfaktoren im Zeitablauf ihr Gewicht verändern können.

Zur Raumabgrenzung kann der Wissenschaftler in mehrfacher Hinsicht beitragen: Er kann zunächst in theoretischer Betrachtungsweise die Bildung einer zweckadäquaten Raumkategorie vorschlagen. „Für die Bildung von Regionen gibt es verschiedene Möglichkeiten: (1) Raumprägende Einflüsse, die eine relative Gleichartigkeit oder zumindest Ähnlichkeiten von Teilen eines Gesamt-raumes im Hinblick auf bestimmte Merkmale bewirken und damit zur Abgrenzung gegenüber anderen Teilen dieses Raumes verwandt werden können, (2) die raumbildende Kraft von Zentren wirtschaftlicher Aktivität, durch die Markträume, Gravitationsfelder, ‚polarisierte‘ Räume entstehen...“¹. Die auf den raumprägenden Einflüssen beruhenden Räume werden als homogen, die sich von der raumbildenden Kraft von Zentren herleitenden Regionen als funktional bezeichnet. Es muß also zunächst eine Entscheidung darüber getroffen werden, welchem von beiden Typen im speziellen Fall der Vorzug einzuräumen ist².

Anschließend müssen Kriterien bestimmt werden, die in konkreten empirischen Arbeiten die Determinierung des geforderten Raumtyps zulassen; relevant hierfür sind solche Variablen, die dem Untersuchungszweck entsprechen und in der Statistik greifbar sind.

Es ist ferner notwendig, statistische Verfahren zur Verfügung zu stellen, die es gestatten, die in absoluten

Größenordnungen vorliegenden Zahlen in konkrete Abgrenzungskriterien zu transformieren. Zum Zweck einer suffizienteren Datenauswertung wird dabei immer mehr zu multivariaten Verfahren übergegangen.

Im Mittelpunkt der folgenden Betrachtungen stehen zwei dieser Instrumente, nämlich die Faktoren- und die Input-Output-Analyse, die zur Abgrenzung einer bestimmten funktionalen Raumkategorie, nämlich von regionalen Arbeitsmärkten, verwendet werden sollen. Regionale Arbeitsmärkte sind dabei definiert als solche Räume, die aus einem oder mehreren Zentren bestehen, auf die bestimmte Leistungsströme der Umwelt, hier Berufspendler, ausgerichtet sind.

B. Hauptteil

I. Darstellung der Untersuchungsmethoden

Stehen funktionale Räume im Mittelpunkt der Betrachtung, so hängt ihre territoriale Bestimmtheit von den zwischen den Regionen herrschenden Verflechtungen ab. Interessiert man sich für eine bestimmte Art von funktionaler Region, und zwar wie hier für den regionalen Arbeitsmarkt, so kommt die interessierende Verflechtung in den zwischen den Gemeinden herrschenden Pendlerbewegungen zum Ausdruck. Nach den Regeln der Kombinatorik ergeben sich insgesamt $n \cdot n$ Austauschbeziehungen, die in einer Pendlermatrix B zusammengefaßt werden können:

$$B = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix}$$

x_{ij} bezeichnet allgemein die Anzahl der Pendler aus der Ursprungsgemeinde i zur Zielgemeinde j , z. B. x_{23} die Menge der Leute, die in 2 wohnen und in 3 arbeiten. Auf der Hauptdiagonalen sind die Arbeitskräfte aufgeführt, für die Wohn- und Arbeitsgemeinde zusammenfallen. Diese Matrix beinhaltet alle Informationen, die zur Erreichung der Aufgabenstellung notwendig sind.

Versucht man nun, die vorhandenen Informationen im Hinblick auf die Unterteilung der vorgegebenen Region auszuwerten, so bedarf es der Entscheidung für einen bestimmten Algorithmus. Vorherrschend ist als Lösungs-

1 Lauschmann, Elisabeth: Grundlagen einer Theorie der Regionalpolitik. 2. Aufl. — Hannover 1973. S. 17.

2 Das Gewicht zwischen den beiden Kategorien verschiebt sich in letzter Zeit immer mehr zugunsten der funktionalen Raumeinheiten. Jede wirtschaftspolitische Maßnahme muß sich auf einen oder nur wenige Raumausschnitte beschränken, von denen Ausstrahlungen in die Umwelt ausgehen; zur Planung und Kontrolle der Maßnahmen ist es notwendig, den gesamten von der Maßnahme tangierten Raum, also Zentrum und berührte Umwelt, in die Betrachtung einzubeziehen. Gemäß der oben angeführten Definition ist damit die Notwendigkeit der Bildung funktionaler Raumeinheiten gegeben.

weg die Kennziffernmethode³, die als Vorteil vor allem folgende zwei Eigenschaften besitzt:

1. Die Ergebnisse können wegen der Einfachheit des Verfahrens vom Betrachter ohne besondere mathematische Kenntnisse nachvollzogen werden.
2. Zur Anwendung des Verfahrens bedarf es keiner größeren Hilfen (wie z. B. Computer).

Dafür treten aber entscheidende Nachteile auf, die dazu führen, zu anspruchsvolleren Methoden überzugehen. Als unbefriedigend müssen bei der Kennziffernmethode vor allem folgende Charakteristika empfunden werden:

1. Zu Beginn der Untersuchung müssen in der Regel die Arbeitsmarktzentren der abzugrenzenden Regionen festgelegt werden. Hier fließen u. U. subjektive Elemente ein, die das Ergebnis weitgehend präjudizieren und damit auch verzerren können.
2. Die gesamte in der Verflechtungsmatrix steckende Information kann bei der Kennziffernmethode nicht ausreichend verarbeitet werden. Geht es z. B. um die Frage, ob $i = 1$ dem Zentrum $j = 2$ oder $j = 3$ zugeordnet werden soll, so werden hier nur die direkten Verbindungen, gemessen durch das Kriterium der Auspendler, von 1 zu 2 und 3 berücksichtigt. In der Praxis dürfte es aber die Regel sein, daß 1 nicht nur nach 2 und 3, sondern auch in Richtung auf die meisten übrigen in der Matrix enthaltenen Orte Pendler entsendet. Sind diese Orte wiederum mit 2 und 3 verbunden, so müssen um einer befriedigenden Abgrenzung willen diese indirekten Verflechtungen von 1 über i , wobei i in diesem Beispiel von 4 bis n läuft, Berücksichtigung finden. Die zwei Beziehungen 1 zu 2 bzw. 1 zu 3 müssen ergänzt werden um die Menge der indirekten Verflechtung (vgl. Abb. 1).

Nach der einfachen Kennziffernmethode wird 1 hier 2 zugeordnet, da die direkte Verflechtung mit dieser Gemeinde größer ist als mit 3 (28 % aller Auspendler gegenüber 26 % bei 3). Betrachtet man aber weiterhin, daß 1 ferner stark mit 4 und dieses wiederum sehr eng mit 3 verflochten ist, so ist eine Zuordnung von 1 nach 3 sinnvoller.

Kann bei $n = 4$ die Kennziffernmethode noch so modifiziert werden, daß auch die indirekten Verflechtungen Berücksichtigung finden, so muß dieses Verfahren bei wachsendem Umfang der Menge der betrachteten Probanden versagen, da nach den Regeln der Kombinatorik die Anzahl der indirekten Verflechtungen mit wachsendem n sehr schnell exponentiell ansteigt. Hier muß die Kennziffernmethode aus praktischen Gründen versagen, ein Tatbestand, der besonders in polyzentrischen Gebieten wegen der dort auftretenden starken

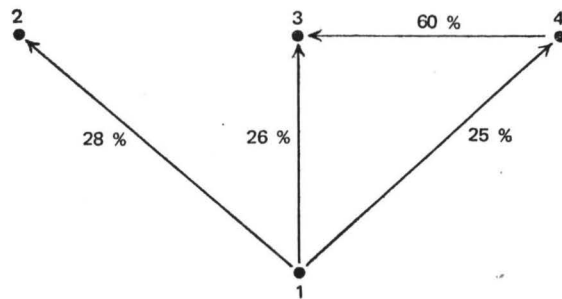


Abbildung 1

wechselseitigen Verflechtungen negativ zu bewerten ist.

3. Abgegrenzte Arbeitsmärkte stehen nicht unabhängig nebeneinander; sie sind vielmehr in einem hierarchischen Aufbau miteinander verbunden. Soll dieser für eine bestimmte Region, z. B. einen besonders großen Arbeitsmarkt, herausgearbeitet werden, so läßt sich diese Aufgabe mit dem Brechen einer Glasscheibe vergleichen, die in ihrer noch unzerstörten Form mit der Gesamtregion gleichzusetzen ist. Wird sie in zwei Teile zerlegt, so wird sie zunächst an ihren schwächsten Stellen brechen. Zerlegt man weiter, so ist die Bruchstelle immer gleichzusetzen mit jener Linie, die durch die geringsten Kohäsionskräfte ausgezeichnet ist, bis schließlich die gesamte Scheibe in kleinste Mosaiksteinchen aufgeteilt ist. Diese letzten Steinchen entsprechen beim Arbeitsmarkt den einzelnen Matrixelementen $1 \dots n$. Gelingt eine solche Zerlegung der Gesamtregion, so ist damit eine umfassende Veranschaulichung ihrer hierarchischen Struktur gelungen.

Für die Fragen, ob zwei Teilarbeitsmärkte einander gleich- oder über- bzw. untergeordnet sind, bedarf es der Kenntnis darüber,

- wie viele Orte jeweils auf die beiden Zentren ausgerichtet sind,
- wie stark sie auf den Mittelpunkt orientiert sind,
- wie intensiv die wechselseitige Verflechtung zwischen den Arbeitsmärkten ausgeprägt ist.

1. Die Faktorenanalyse

a) Einführung in das Verfahren

Werden m Variable ($j = 1, 2 \dots m$) an n ($i = 1, 2 \dots n$) Probanden beobachtet, so ist Ausgangspunkt der Faktorenanalyse eine Matrix, die das vorliegende statistische Material übersichtlich darstellt und mit A bezeichnet werden soll:

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

³ Vgl. Klemmer, Paul: Abgrenzung regionaler Arbeitsmärkte in der Bundesrepublik Deutschland für die Zwecke der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“. — Bochum 1972; sowie ders. zusammen mit H. F. Eckey und D. Kraemer: Abgrenzung interner Verflechtungsbereiche in großen regionalen Arbeitsmärkten. — Bochum 1974.

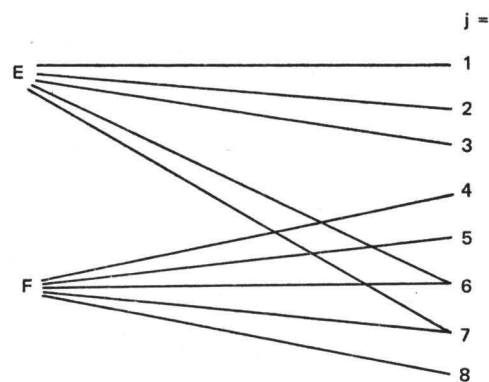


Abbildung 2

Um die Beobachtungswerte, die in stark variierenden Größenordnungen vorliegen können, vergleichbar zu machen, werden die einzelnen x_{ij} standardisiert⁴. Die Matrix der standardisierten Ausgangsvariablen sei mit Y bezeichnet. Bildet man die Relation $\frac{1}{n} \cdot Y' \cdot Y$, so erhält man als Produkt die Korrelationsmatrix Z , die Auskunft über die Strenge des linearen Zusammenhanges zwischen den Variablen gibt.

Testet man die zwischen den m Variablen auftretenden Werte gegen O , so kann bei einer Ablehnung dieser Hypothese ein Zusammenhang zwischen den Kriterien auf einem bestimmten Signifikanzniveau als gesichert angesehen werden. Für das hervorgetretene Beziehungsverhältnis existieren dabei zweierlei Interpretationsmöglichkeiten: Zum einen kann eine Subordination zwischen beiden Größen postuliert werden in dem Sinne, daß die eine Variable die erklärende und die andere die zu erklärende darstellt (wie es z. B. bei einer Regressionsrechnung gemacht wird). Zum anderen kann es plausibel sein, daß beide Merkmale nicht direkt voneinander abhängen, sondern durch gemeinsame Beeinflussung durch eine im Hintergrund stehende dritte Größe verknüpft sind. Von dieser letzten Annahme geht die Faktorenanalyse aus.

Bei acht Variablen ($j = 8$) möge z. B. ein Zusammenhang nach Abb. 2 bestehen⁵. Das Zueinander der acht Variablen wird durch die beiden im Hintergrund stehenden „Supervariablen“ E und F bestimmt. Da sie sich einer direkten Messung entziehen, müssen sie durch mathematische Methoden auf indirekte Art bestimmt werden. Hierin liegt die Hauptaufgabe dieses multivariaten statistischen Verfahrens.

In unserem obigen Beispiel wäre es möglich, die in der hier $8 \cdot 8$ -dimensionalen Matrix Z steckende Aussage über die korrelativen Beziehungen durch eine nieder-rangige Matrix K ohne Informationsverlust auszudrücken; diese hätte die Dimension $8 \cdot 2$ (allgemein: $m \cdot c$)⁶. c ist dabei die Anzahl der gemeinsamen Faktoren, d. h.

j	Matrix gemeinsamer Faktoren K		Matrix der Einzelrestfaktoren U							
	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8
1	a_{11}	a_{12}	u_{11}							
2	a_{21}	a_{22}		u_{22}						
3	a_{31}	a_{32}			u_{33}					
4	a_{41}	a_{42}				u_{44}				
5	a_{51}	a_{52}					u_{55}			
6	a_{61}	a_{62}						u_{66}		
7	a_{71}	a_{72}							u_{77}	
$m = 8$	a_{81}	a_{82}								u_{88}

der Größen, die mit mindestens zwei der m Variablen eng verbunden sind. Die Elemente der Matrix K werden als Faktorenladungen bezeichnet. Ihre Größe ist Ausdruck der Korrelationen zwischen den Variablen und den Faktoren; erhebt man sie ins Quadrat, so erhält man einen Wert, der angibt, wie hoch der durch die Faktoren erklärte Varianzanteil der einzelnen Variablen ist.

Bevor der zur Aufgabenlösung geeignete Algorithmus aufgezeigt wird, muß jedoch noch zu einigen Problemen klärend Stellung genommen werden. Das erste ist das sogenannte Kommunalitätenproblem.

Die oben erläuterten „Supervariablen“ erklären nämlich in der Regel die in den Variablen steckende Varianz nicht zur Gänze. Die nicht erklärte Restvarianz wird ausgedrückt durch sog. Einzelrestfaktoren. Die Faktorenmatrix G besteht also aus der Matrix der gemeinsamen (K) und der der Einzelrestfaktoren (U). Bei den o. a. acht Variablen hat G dann das Aussehen der obenstehenden Doppelmatrix.

Da die Einzelrestfaktoren definitionsgemäß mit nur jeweils einer Variablen korrelieren, sind alle Elemente der Matrix U außerhalb der Hauptdiagonalen O .

Würden die Ladungen $u_{11} \dots u_{88}$ ebenfalls O sein, so müßte das Produkt $K \cdot C \cdot K'$ die Matrix Z exakt reproduzieren⁷. Die Hauptdiagonalelemente, die einen Ausdruck der Selbstkorrelation, die auf die gemeinsamen Faktoren zurückzuführen ist, darstellen, hätten dann mit Recht den Wert 1, wie ihn bekanntlich Z besitzt. Wenn aber Einzelrestfaktoren auftreten, müssen wegen der nicht 100%igen Erklärung durch die gemeinsamen Faktoren die Hauptdiagonalelemente von 1 verschieden sein. Wäre jener Teil der Varianz der Variablen, der durch die gemeinsamen Faktoren determiniert wird (dieser Anteil wird als Kommunalität bezeichnet), bekannt, so wäre die Bestimmung der Diagonalwerte sehr einfach.

4 Eine Standardisierung geschieht dadurch, daß von der Variablenrealisierung x_{ij} der Mittelwert der Variablen j subtrahiert wird und diese Differenz durch die Standardabweichung von j dividiert wird.

5 Vgl. *Überla, Karl*: Faktorenanalyse. — Berlin; Heidelberg; New York 1968. S. 4.

6 In diesem Beispiel $m = 8$ Variable und zwei Faktoren E und F .

7 Die bisher noch unbekannte Matrix C besteht aus Elementen, die die Stärke des Zusammenhangs zwischen den Faktoren ausdrücken. Unterstellt man zwischen den Faktoren Unabhängigkeit, wird C zur Einheitsmatrix I . In der Literatur wird meist von dieser Annahme ausgegangen, so zunächst auch hier, so daß $K \cdot C \cdot K' = K \cdot I \cdot K' = K \cdot K'$ ist.

Da man aber die genaue Berechnung der Kommunalität ohne Kenntnisse der Anzahl und der Einwirkung der gemeinsamen Faktoren nicht vornehmen kann, diese aber erst das Ergebnis der Analyse bilden sollen, müssen Hilfsverfahren eine exakte Ermittlung ihrer Größe ersetzen.

In der Literatur findet sich eine große Anzahl solcher Methoden, die sich aber auf zwei gebräuchliche reduzieren lassen. Bei ersterer wird aus jeder Spalte von Z das höchste Element ausgewählt und in die Diagonale eingesetzt, bei der zweiten wird das Quadrat der multiplen Korrelation einer Variablen mit den übrigen als Kommunalität dieser Größe angesehen. Stehen auf der Hauptdiagonalen nach einem solchen Vorgehen von 1 verschiedene Elemente, so wird Z zur Matrix Z_h . Für beide gelten bei Unabhängigkeit der Faktoren die Beziehungen

$$Z = G \cdot G' \text{ und } Z_h = K \cdot K'$$

Neben dieses Kommunalitätenproblem tritt das Faktorenproblem der Festlegung der zu extrahierenden Faktoren. Die Matrix Z_h bildet hierbei den Ausgangspunkt der Bestimmung der Faktorenladungen⁸. In geometrischer Analyse läßt sich die Aufgabe, mit Hilfe der Hauptkomponentenmethode die Faktoren zu bestimmen, wie folgt umschreiben: In einen n -dimensionalen Euklidischen Raum werden neue Koordinaten so hineingelegt, daß die erste ein Maximum an erklärter Varianz der Variablen ausdrückt. Bei postulierter Orthogonalität steht die zweite Komponente auf der ersten senkrecht und erklärt ein Maximum der Restvarianz usw. Das angestrebte Ziel der Extraktion von Faktoren kann somit als ein Maximierungsproblem unter Nebenbedingungen angesehen werden.

Bei der Lösung dieser Aufgabenstellung stößt man auf das Eigenwertproblem, das für die Faktorenanalyse wie folgt beschrieben werden kann: Zur Matrix Z_h sind Vektoren α derart zu suchen, daß der mit λ multiplizierte Vektor α dem Ausgangsvektor $Z_h \cdot \alpha$ proportional ist:

$$Z_h \cdot \alpha = \lambda \cdot \alpha$$

Nach Umformung ergibt sich:

$$(Z_h - \lambda \cdot I) \cdot \alpha = 0$$

λ wird als Eigenwert, α als Eigenvektor bezeichnet. Sollen sich für α nichttriviale Lösungen ergeben, so muß die charakteristische Determinante

$$Z_h - \lambda \cdot I$$

gleich 0 gesetzt werden. Eine solche Vorgehensweise liefert m verschiedene Lösungen für λ (λ_j [$j = 1, 2, \dots, m$]). Jedem dieser Eigenwerte ist ein bestimmter Eigenvektor α_j zugeordnet. Die α_j erhält man, indem man die λ_j in das bereits o. a. Gleichungssystem

$$(Z_h - \lambda \cdot I) \cdot \alpha = 0$$

einsetzt. Der dem größten Eigenwert zugeordnete Eigen-

vektor bildet den ersten Faktor, also die erste Spalte der Matrix K , der dem zweitgrößten zugeordnete den zweiten Faktor usw. Dieser Algorithmus wird in der Regel dann abgebrochen, wenn 95 % der Varianz der Variablen durch die ermittelten Faktoren erklärt sind. Die Höhe der Varianz, die ein bestimmter Faktor erklärt, ist leicht dadurch zu berechnen, daß der dem Faktor zugeordnete Eigenwert durch die Summe der Hauptdiagonalelemente dividiert wird.

Neben das Kommunalitäten- und Faktorenproblem tritt das Rotationsproblem. Bekanntlich ist das Ergebnis der Faktorenextraktion die Reduzierung eines m -dimensionalen in ein niederdimensionales Koordinatensystem, das durch c Faktoren aufgespannt wird. In diesem Raum lassen sich die Variablen als Vektor darstellen.

Der Cosinus zwischen ihnen entspricht der zwischen den Variablen bestehenden Korrelation. Ihr räumliches Verhältnis zueinander, auch als Konfiguration bezeichnet, ist eindeutig bestimmt, aber nicht ihre Lage im Koordinatensystem. Dieses kann um den Ursprung gedreht werden, ohne daß sich an der Variablenkonfiguration etwas ändert. Um aus der unendlichen Menge der möglichen zu einer eindeutigen Lösung zu gelangen, muß eines dieser Systeme nach bestimmten Überlegungen determiniert werden. Als hierzu erforderliches Auswahlkriterium hat sich das "Simple-Structure Concept" durchgesetzt. Der Grundgedanke dieses Verfahrens besteht darin, die Koordinatenachsen im Verhältnis zur Variablenkonfiguration so zu legen, daß die Variablen möglichst einfach beschrieben werden, d. h., daß die Faktorenladungen nach einer solchen Rotation Werte annehmen, die nahe bei ± 1 oder 0 liegen. Die Achsen des Koordinatensystems werden dazu möglichst nahe an die Vektoren der Variablen gebracht. Der Vorteil dieser Rotationsart besteht darin, daß Faktoren, deren Ladungen extreme Werte annehmen, leichter zu interpretieren sind.

Wird die Hypothese einer Unabhängigkeit der Faktoren bei der Rotation beibehalten, wie es aus rechentechnischen Gründen häufig geschieht, so spricht man von orthogonaler oder rechtwinkliger, wird sie aufgegeben, von schiefwinkliger Rotation. Das erstere Verfahren ist in der Praxis meist anzutreffen, bildet jedoch eine starke Einschränkung, die durch den Zweck der Analyse nicht immer gerechtfertigt ist.

Bei der schiefwinkligen Rotation wird die Einschränkung, daß $C = I$ ist, aufgegeben. Es werden Werte außerhalb der Hauptdiagonalen zugelassen, die von 0 verschieden sind; diese sind Ausdruck der Beziehungen zwischen den Faktoren.

Ein weiteres Problem der Faktorenanalyse bezieht sich auf die Bestimmung des Zusammenhangs zwischen den Faktoren und den einzelnen Probanden. Faktorenladungen und -werte dürfen, da sie unterschiedliche Sachverhalte beschreiben, nicht verwechselt werden. Erstere drücken das Verhältnis von der Variablen zum Faktor, letztere das vom Untersuchungsobjekt (z. B. Region) zum Faktor aus. Die die Faktorenwerte beinhaltende Matrix P hat bei n Merkmalsträgern und c Faktoren die

⁸ Diese lassen sich mit Hilfe mehrerer Lösungsverfahren bestimmen. Das gängigste bildet die Hauptkomponentenmethode, die auch im folgenden dargestellt wird.

Dimension $c \cdot n$. Ihre exakte Lösung ergibt sich durch die Auflösung der Gleichung

$$Y' = K \cdot P \text{ nach } P : P = K^{-1} \cdot Y'$$

Da die Matrix K meist nicht quadratischer Natur ist, kann die erforderliche Inversion in der Regel nicht erfolgen, so daß man sich mit Hilfsverfahren begnügen muß. Meist wird die Ermittlung der Faktorenwerte mit Hilfe der Beziehung

$$P^+ = (K' \cdot K)^{-1} \cdot K' \cdot Y'$$

vorgenommen.

b) Anwendung auf die Abgrenzung und Unterteilung funktionaler Raumeinheiten

Ausgangspunkt der folgenden Überlegungen sei die bereits oben angeführte Pendlermatrix B . Bei ihr werden die Zeilen, also die Ursprungsorte, als Untersuchungsobjekte und die Spalten (= Zielgemeinden) als Variable betrachtet. Mit Hilfe eines modifizierten Korrelationskoeffizienten⁹, gemessen zwischen den Objekten und über die Variablen hinweg, läßt sich ein Maß für die Zusammenhängigkeit zwischen den Orten konstruieren. Ein Korrelationskoeffizient von $+1(0)$ bedeutet dabei, daß die Erwerbstätigen zweier Gemeinden alle in einem einzigen Ort arbeiten (daß es keinen Ort gibt, in dem Erwerbstätige beider Gemeinden gleichzeitig beschäftigt sind).

Akzeptiert man die Plausibilität dieses Gedankenganges, so stellt der Ersatz der Matrix B durch die ebenfalls $n \cdot n$ -dimensionale Matrix Z eine Informationsverdichtung dar, da in ihr die Elemente nicht mehr allein die Pendlerbewegung zwischen zwei Orten, sondern die gesamte relevante Information über den linearen Zusammenhang zwischen ihnen über alle n Orte hinweg ausdrücken.

Bei der Faktorenanalyse wird bekanntlich von der Hypothese ausgegangen, daß die Merkmale keine direkte kausale Beziehung zueinander haben, sondern die hohe Korrelation durch eine gemeinsame Beeinflussung durch dritte Größen entsteht. Ein hoher korrelativer Zusammenhang wird danach nicht mehr als Ausdruck eines starken direkten Verhältnisses, sondern als durch gleichzeitige Zugehörigkeit zum gleichen Arbeitsmarkt hervorgerufen interpretiert. Läßt man sich z. B. c Faktoren berechnen, so ist das Ergebnis des Algorithmus eine Ma-

trix K mit den Dimensionen $n \cdot c$. Jeder Ort besitzt auf jeden Faktor eine sog. Faktorenladung, die Ausdruck der Intensität von Gemeinde und Faktor, hier – wie oben bereits ausgeführt – als Arbeitsmarkt gedeutet, ist. Erhebt man z. B. die Ladung des ersten Untersuchungsobjektes auf den zweiten Faktor ins Quadrat, so gibt das Ergebnis an, wie groß der Varianzanteil der Gemeinde 1 ist, der durch den ersten Faktor erklärt wird. Liegt die Matrix K vor, so können die c Arbeitsmärkte sehr leicht bestimmt werden. Jeder Ort wird der funktionalen Region zugeordnet, auf die sie die höchste Ladung besitzt, da offensichtlich der Zusammenhang mit ihr am größten ist. Hat man auf diese Weise die n Gemeinden in c Gruppen aufgeteilt, so bieten die Faktorenladungen außerdem noch Auskunft darüber, welches der Ort mit der höchsten Arbeitsplatzzentralität in jeder Teilmenge ist. Zur Beantwortung dieser Frage braucht lediglich das Objekt mit der maximalen Ladung für jeden der c Faktoren bestimmt zu werden.

Läßt man c mit 2 beginnen und schrittweise bis n laufen, so gewinnt man auf diese Weise eine Arbeitsmarkthierarchie, bei der

- die Zentren erst am Ende der Untersuchung auf objektive Weise bestimmt werden,
- auch indirekte Verflechtungen berücksichtigt werden und
- der hierarchische Aufbau durch Variation der Faktorenzahl deutlich sichtbar gemacht werden kann.

2. Die Input-Output-Analyse

a) Einführung in das Verfahren

Im Mittelpunkt bisheriger Betrachtungen der Input-Output-Analyse als Instrument der Regionalforschung standen Versuche, die sektorale Verflechtung innerhalb eines Wirtschaftsraumes zu verdeutlichen¹⁰. Geht man von i Sektoren aus, so liefern sie ihren gesamten Brutto-Produktionswert $V_i + E_i$ entweder als Vorleistungen an andere Wirtschaftszweige (V_i) oder als Güter- oder Dienstleistungen zur Befriedigung der Endnachfragekomponenten Konsum, Investition und Außenhandelsaldo (E_i). Für den Sektor i gilt allgemein:

$$B_i = V_i + E_i$$

$$V_i = \sum_{k=1}^n V_{ik}$$

$$E_i = C_i + I_i + (X_i - M_i)$$

Aus dem Produktionskonto für alle Betriebe¹¹ läßt sich ersehen, daß die Differenz von Brutto-Produktions-

10 Vgl. Müller, J. Heinz: Methoden zur regionalen Analyse und Prognose. — Hannover 1973. S. 79 f., dem auch das folgende kleine Beispiel entnommen wurde.

11 Vgl. Stobbe, Alfred: Wirtschaftskreislauf und Sozialprodukt. In: Kompendium der Volkswirtschaftslehre. Band 1. 3. Aufl. — Göttingen 1972. S. 21 ff.

9 Der hier benutzte Korrelationskoeffizient, z. B. zwischen den Gemeinden 1 und 2, hat folgendes Aussehen:

$$r_{1,2} = \frac{\sum_{i=1}^n x_{1i} \cdot x_{2i}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{1i}^2 \cdot \sum_{i=1}^n x_{2i}^2}}$$

Er kann lediglich Wert zwischen 0 und $+1$ annehmen.

wert und Vorleistungen gleich dem Beitrag zum Bruttoinlandsprodukt ist. Die angeführten Gleichungen lassen sich übersichtlicher in einer Input-Output-Tabelle darstellen¹², die in ihrem Kern aus einer sog. Transaktionsmatrix T besteht, die die Austauschbeziehungen zwischen den einzelnen Sektoren ausdrückt. An sie schließt sich rechts die Zusammensetzung der Endnachfrage an, während unter ihr die Wertschöpfung aufgeführt wird. Die Transaktionsmatrix T gibt Auskunft darüber, wie stark sich die Produktion in den einzelnen Wirtschaftszweigen erhöhen muß, wenn die Nachfrage sich in einem Sektor um eine Einheit erhöht. Hierzu sind die in der Transaktionsmatrix stehenden absoluten Werte zu relativieren, indem sie durch den Bruttoproduktionswert dividiert werden. Die Transaktionsmatrix wird zur Koeffizientenmatrix M . Unter der Annahme, daß sich die ermittelten Koeffizienten bei einer Änderung der Komponenten der Endnachfrage nicht verändern¹³, kann durch die Inversion der Matrix $I-M$ die interessierende Fragestellung beantwortet werden.

Hierzu das folgende Beispiel: In einer geschlossenen Volkswirtschaft mögen die in der Matrix rechts oben dargestellten Liefer- und Empfangsverflechtungen existieren. Diese Transaktionsmatrix wird – wie bereits oben angeführt – zur Koeffizientenmatrix, indem die in ihr stehenden absoluten Werte durch den Gesamtoutput dividiert werden:

$M =$	Landwirtschaft	Industrie
Landwirtschaft	$\frac{20}{50} = 0,4$	$\frac{15}{150} = 0,1$
Industrie	$\frac{10}{50} = 0,2$	$\frac{65}{150} = 0,43$

Die Matrix

$$I - M = \begin{bmatrix} 1-0,4 & 0-0,1 \\ 0-0,2 & 1-0,4 \end{bmatrix}$$

hat nach der Inversion das Aussehen

$$(I - M)^{-1} = \begin{bmatrix} 1,77 & 0,31 \\ 0,62 & 1,86 \end{bmatrix}$$

¹² Vgl. *Bahlburg, Manfred*: Input-Output-Rechnung. S. 2. (Erscheint in Kürze im Rahmen der Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung.)

¹³ „Dies wird immer dann zutreffen, wenn die technischen Produktionsverhältnisse eines Sektors nur bestimmte Kombinationsverhältnisse der Input-Menge zulassen oder aber, wenn sich veränderte Mengenkombinationen gerade durch Preisverschiebungen, die Werte der Tabellen werden in Geldeinheiten eingetragen, ausgeglichen werden. Den gleichen Fall kann man auch auf Veränderungen durch den technischen Fortschritt übertragen, wobei hier allerdings längerfristig wesentlich mehr für variable Koeffizienten spricht. Insbesondere

Input	Landwirtschaft	Industrie	Zwischennachfrage	Konsum	Investition	Bruttoproduktionswert (Gesamtoutput)
Landwirtschaft	20	15	35	11	4	50
Industrie	10	65	75	40	35	150
Summe	30	80	110	51	39	200
Beitrag zum BIP	20	70	90			
Gesamtinput	50	150	200			

Diese Zahlen sind wie folgt zu interpretieren:

Erhöht sich die Endnachfrage nach landwirtschaftlichen (Industrie-)Erzeugnissen um eine Einheit, so müßten sowohl Landwirtschaft als auch Industrie wegen der zwischen ihnen herrschenden Leistungsverflechtungen ihre Produktion erhöhen, und zwar die Landwirtschaft um 1,77 (0,31) und die Industrie um 0,62 (1,86) Einheiten. Wichtig für unsere Aufgabenstellung ist, daß die Matrix $(I - M)^{-1}$ Ausdruck aller direkten und indirekten Verflechtungen zwischen den Wirtschaftszweigen ist. Für das oben angeführte Beispiel der Gemeinden 1, 2, 3 und 4 bedeutet dies zum Beispiel, daß in der Höhe der Koeffizienten auch die indirekte Verflechtung von 1 nach 3 über 4 ihren Niederschlag finden würde.

b) Anwendung auf die Abgrenzung und Unterteilung funktionaler Raumeinheiten

Der Verfasser hat versucht, diesen Algorithmus zum Zweck der Konstituierung funktionaler Raumeinheiten zu verwenden. Die ersten Schritte laufen dabei analog dem bereits oben angeführten Rechengang, so daß gleich auf die invertierte Matrix eingegangen werden kann, wobei lediglich zu beachten ist, daß die Sektoren durch Raumeinheiten ersetzt worden sind, die x_{ik} , also keine wertmäßigen Liefer-, sondern Pendlerverflechtungen darstellen. Je höher die Arbeitsplatzzentralität einer bestimmten Gemeinde ist, um so weniger Auspendler wird sie aufweisen, d. h., um so größer wird ihr Eigenbezug sein. Ferner wird sie sehr viel Input in Form von Einpendlern aus anderen Gemeinden erhalten. Für eine solche Gemeinde wird sich aus diesem Grund eine hohe Spaltensumme ergeben. Mit Hilfe dieser Kennziffer lassen sich die Gemeinden in bezug auf ihre Arbeitsplatzzentralität reihen. Will man gemäß dem oben angeführ-

wirken aber auch externe Einflüsse, wie Wechselkursänderungen, Importveränderungen, Steueränderungen und Subventionen, auf die Zusammensetzung des Input und damit auch auf die Koeffizienten ein.“ (*Bahlburg*, a. a. O., S. 12.)

ten Scheibenbeispiel einen ersten Bruch in einer Region vornehmen, ist wie folgt zu verfahren:

Bei nur zwei gewünschten Nodalregionen kann die $n \cdot n$ -Matrix reduziert werden auf eine $n \cdot 2$ -Matrix, wobei nur noch die beiden Spalten der Arbeitsmarktzentren relevant sind. Danach ist für jede einzelne Gemeinde festzustellen, in bezug auf welches Zentrum ein höherer Zeilenwert zu beobachten ist. Diesem Zentrum ist das Untersuchungsobjekt zuzuordnen.

Natürlich bereitet es keine Schwierigkeit, eine weitergehende Unterteilung vorzunehmen. Es sind dann lediglich nicht mehr nur zwei Zentren zu bestimmen, sondern es ist gemäß der gewünschten Anzahl von Teilarbeitsmärkten eine äquivalente Anzahl von Zentren gemäß ihrer Spaltensumme zu determinieren. Der Zuordnungsalgorithmus verläuft dann analog dem bereits angeführten.

II. Interne Struktur des Arbeitsmarktes Münster

Für die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“ ist die Bundesrepublik in regionale Arbeitsmärkte unterteilt worden. Dabei zeigt sich, daß die Untersuchungsobjekte beachtliche Größenunterschiede aufweisen¹⁴. Für die großen Zentren der Bundesrepublik, die zudem noch räumlich isoliert von anderen Großstädten liegen, ergaben sich zum Teil Einzugsbereiche, die nach Auffassung einiger Kritiker für viele Berufstätige eine nicht mehr tolerierbare Pendelzeit mit sich gebracht hätten. Die „zu groß“ geratenen Arbeitsmärkte mußten daher auf Wunsch der Landeswirtschaftsministerien weiter unterteilt werden. Hier soll im folgenden vorgeführt werden, wie mit Hilfe der beiden dargestellten statistischen Instrumente der Aktionsraum Münster¹⁵ in drei Arbeitsmärkte zerlegt werden kann.

1. Dargestellt mit Hilfe der Faktorenanalyse

Gemäß der oben angeführten Aufgabenstellung wurden aus der Korrelationsmatrix drei Faktoren extrahiert. Betrachtet man die Ladungen des ersten Faktors, so läßt sich feststellen, daß die Variable 1 die höchste Faktorenladung aufzuweisen hat (0,9872). 1 (Münster) ist also das Zentrum des wichtigsten Teilarbeitsmarktes im gesamten Aktionsraum. Da die Gemeinde 2 (Greven) auf den Faktor 1 die höchste Ladung aufweist (Struktur der Faktorenladungen 0,2514 0,0118 —0,0118), ist Greven bei

einer Dreiteilung des Aktionsraumes ebenfalls zum Zentrum Münster zu zählen. Entsprechend ist für die restlichen Gemeinden zu verfahren. Dabei läßt sich feststellen, daß von den insgesamt 57 Orten dem Teilzentrum Münster 45 Gemeinden zuzuordnen sind. Die Höhe der einzelnen Faktorenladungen gibt dabei Auskunft darüber, wie eng die Anbindung an das Zentrum ist. Die zweithöchste Ladung in bezug auf den ersten Faktor weist die Variable 21 (Angelmodde) mit 0,9479 auf; bei ihr ist offenbar von allen zugeordneten Gemeinden der Zusammenhang mit Münster am engsten. Am Ende der gereihten Skala aller Münster zuzurechnenden Gemeinden steht Schöppingen mit 0,0439.

Der zweite Teilarbeitsmarkt wird zentral bestimmt durch Coesfeld, dessen Ladung beim zweiten Faktor ein Maximum darstellt (0,6614). Ihm werden aufgrund ihrer Faktorenladungen weitere sechs Gemeinden zugeordnet. Dabei läßt sich für einige Gemeinden feststellen, daß die Ladungen in bezug auf die Teilarbeitsmärkte Münster und Coesfeld fast gleich hoch sind; so ist z. B. Billerbeck durch zwei Ladungen gekennzeichnet, die sich erst in der dritten Stelle nach dem Komma unterscheiden. Hier kann im Rahmen der regionalen Wirtschaftspolitik realistischerweise vermutet werden, daß bei einer steigenden Attraktivität von Coesfeld oder bei einer besseren verkehrsmäßigen Anbindung von Billerbeck an dieses Zentrum eine Umorientierung zum Teilarbeitsmarkt Coesfeld stattfinden würde.

Das Zentrum des dritten Teilarbeitsmarktes wird schließlich gebildet durch Warendorf (0,5927), auf das vier weitere Gemeinden primär ausgerichtet sind. Ein gleiches Phänomen wie für Billerbeck auf der Grenze zwischen Coesfeld und Münster ergibt sich hier für die Gemeinde Everswinkel bei der Zuordnung zu Warendorf oder zum Mittelpunkt des gesamten Aktionsraumes. Auch für diese Gemeinde unterscheiden sich die Faktorenladungen nur geringfügig, wenn auch erheblich stärker als für Billerbeck.

Die Bedeutung der drei Teilarbeitsmärkte im gesamten Aktionsraum läßt sich durch die mit Hilfe der drei Faktoren erklärten Varianz ausdrücken. Setzt man die gesamte erklärte Varianz gleich 100, so determiniert hiervon der Teilarbeitsmarkt Münster allein 85,0501, die Subzentren Coesfeld und Warendorf dagegen determinieren nur 7,9170 bzw. 7,0329 %. Diese Zahlen verdeutlichen die überragende Stellung von Münster, das auf Grund seines beherrschenden Einflusses die Bildung von nur relativ unbedeutenden Teilarbeitsmärkten zuließ.

2. Dargestellt mit Hilfe der Input-Output-Analyse

Bei der Bildung der Spaltensummen der invertierten Matrix ergibt sich der weitaus höchste Wert für Münster (18,26114), gefolgt von Coesfeld (2,94351) und Warendorf (2,63136). Wie bei der Faktorenanalyse, so bilden auch hier diese drei Orte die Zentren der Teilarbeitsmärkte. Die folgenden Plätze werden eingenommen von Emsdetten (2,17789), Burgsteinfurt (2,14561), Hilstrup (2,08876) und Greven (1,90062).

¹⁴ Vgl. Klemmer, Paul; Bernd Knopp; Dieter Kraemer: Abgrenzung regionaler Arbeitsmärkte in der Bundesrepublik Deutschland für die Zwecke der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur“. Feinabgrenzung auf Gemeindeebene. — Bochum 1973.

¹⁵ Die Aufführung aller in die Untersuchung eingegangenen Gemeinden sowie die Darstellung der Gesamtmenge aller ermittelten Faktorenladungen bzw. Input-Output-Koeffizienten würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Interessierten Lesern werden diese Einzelinformationen auf Anfrage gerne vom Verfasser zur Verfügung gestellt.

Der gewünschten Unterteilung in drei Arbeitsmärkte gemäß ist bei der Zuordnung von einer Matrix mit 57 Zeilen und drei Spalten auszugehen. Bei der Zuordnung der Objekte ergeben sich keine Unterschiede zu den bereits bei der Faktorenanalyse angeführten Ergebnissen, so daß eine gesonderte Interpretation hier entfallen kann.

Die Wichtigkeit der einzelnen regionalen Arbeitsmärkte läßt sich ebenfalls mit Hilfe einer Kennziffer, ähnlich wie bei der Faktorenanalyse durch die Varianz, bestimmen. Zählt man die drei Spaltensummen von Münster, Coesfeld und Warendorf zusammen und setzt das Ergebnis = 100, so hat hieran Münster einen Anteil von 76,61, Coesfeld von 12,35 und Warendorf von 11,04.

C. *Schlußteil*

Mit Hilfe der Faktoren- und der Input-Output-Analyse stehen zwei multivariate Verfahren zur Verfügung, die es dem Wunsch nach simultaner Auswertung der in der Pendlermatrix steckenden gesamten Information entsprechend gestatten, die Schwächen der einfachen Kennziffernmethode zu vermeiden. Wie das Beispiel des Arbeitsmarktes Münster zeigt, unterscheiden sich dabei die Ergebnisse beider Verfahren nur wenig.

Die geringfügigen Abweichungen bei den Ladungen und beim Gewicht der einzelnen Teilarbeitsmärkte lassen sich wenigstens zum Teil dadurch erklären, daß bei der

Faktorenanalyse mit Hilfe der rechtwinkligen Rotation gearbeitet wurde. Es wird also unterstellt, daß die drei Teilarbeitsmärkte unabhängig voneinander sind – eine Hypothese, die der Realität nicht entspricht. Die drei Subzentren waren ja zunächst als Bestandteil eines einzigen Aktionsraumes aufgefaßt worden, was impliziert, daß noch relativ enge Pendelverflechtungen zwischen ihnen bestehen und damit keineswegs von einer vollkommenen Unabhängigkeit gesprochen werden kann. Bei Verwendung eines schiefwinkligen Rotationsverfahrens ist eine Annäherung der Ergebnisse zu erwarten.

Setzt man beide Verfahren in einen kritischen Vergleich zueinander, so liegt der Vorteil der Input-Output-Analyse in einer detaillierteren Information. Es existieren Anbindungskoeffizienten aller Gemeinden miteinander.

Wünscht man also eine stark in Einzelheiten gehende Information, so sollte diesem Verfahren der Vorzug eingeräumt werden.

Eine wachsende Informationsfülle bringt aber auch den Nachteil einer exponentiell steigenden Unübersichtlichkeit der Ergebnisse mit sich. So liefert die Faktorenanalyse lediglich Anbindungskoeffizienten der Gemeinden an die einzelnen (Teil-)Arbeitsmärkte. Deshalb ist dieses Verfahren besonders dann zu empfehlen, wenn lediglich die Unterteilung einer Gesamtmenge interessiert, jedoch die Verbindungsstruktur der einzelnen Untersuchungseinheiten untereinander nicht von Bedeutung ist.