

Reinhold Kosfeld

Methoden der Raumanalyse, ökonomische

S. 1475 bis 1485

URN: urn:nbn:de: 0156-55991363



CC-Lizenz: BY-ND 3.0 Deutschland

In:

ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.):
Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung

Hannover 2018

ISBN 978-3-88838-559-9 (PDF-Version)

URN: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0156-55993>

Methoden der Raumanalyse, ökonomische

Gliederung

- 1 Einleitung
- 2 Der Lokalisationsquotient
- 3 Die Shift-Share-Analyse
- 4 Regionale Input-Output-Analyse
- 5 Das Gravitationsmodell
- 6 Räumliche Ökonometrie

Literatur

Ökonomische Methoden der Raumanalyse stellen ein Instrumentarium zur Diagnose und Prognose raumwirtschaftlicher Tatbestände bereit. Hierzu gehören traditionell der Lokalisationsquotient, die Shift-Share-Analyse, die regionale Input-Output-Analyse und das Gravitationsmodell. Schließlich lassen sich mithilfe von Regressionsmodellen der räumlichen Ökonometrie in der Theorie erörterte Spillover-Effekte zwischen Regionen empirisch abbilden.

1 Einleitung

Ökonomische Methoden der Raumanalyse stellen ein Instrumentarium bereit, das in der \triangleright *Raumplanung* und der regionalen Wirtschaftspolitik (\triangleright *Regionale Wirtschaftspolitik*) zu Zwecken der Diagnose und \triangleright *Prognose* räumlicher Phänomene eingesetzt wird. Eine zielgerichtete Einflussnahme von Entscheidungsträgern auf raumwirtschaftliche Entwicklungen (\triangleright *Raumentwicklung*) setzt Kenntnisse über den Entwicklungsstand, die Wirtschaftsstruktur, Verflechtungen und räumlich-ökonomischen Abhängigkeiten voraus. In der empirischen Regionalforschung sind hierzu ökonomische Methoden der Raumanalyse originär oder aus allgemeineren Verfahren entwickelt worden.

Der Lokalisationsquotient und die Shift-Share-Analyse sind Beispiele für originär räumliche Methoden, die die regionale Wirtschaftsstruktur und ihre Veränderung zum Gegenstand haben. Zu den typisch regionalwissenschaftlichen Methoden (\triangleright *Raumwissenschaften*) zählen außerdem der gravitationstheoretische Ansatz, der eine Analyse der Austauschbeziehungen zwischen Raumeinheiten unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung und Distanz ermöglicht, sowie die regionale Input-Output-Analyse, mit deren Hilfe ebenfalls raumwirtschaftliche Verflechtungsbeziehungen zwischen den Wirtschaftszweigen eines Teilraums untersucht werden können.

In der empirischen Regionalanalyse wird in jüngster Zeit in zunehmendem Maße auf Methoden der räumlichen Ökonometrie zurückgegriffen. Ohne eine Berücksichtigung der relativen Lage der Raumeinheiten oder ihrer Distanz zueinander ignorieren die gewöhnlichen Regressionsmodelle die Existenz räumlicher Abhängigkeiten. Räumlich-ökonomische Modelle stellen darauf ab, in der Theorie (\triangleright *Regionalökonomik*) erörterte Spillover-Effekte (Externalitäten) durch einen expliziten Raumbezug abzubilden. In diesem Überblick wird die Struktur der Grundmodelle der räumlichen Ökonometrie für einen Querschnitt von Regionen (\triangleright *Region*) aufgezeigt. Hierdurch rückt der Test von Hypothesen stärker in den Fokus der ökonomischen Raumanalyse, wodurch sich gleichzeitig verbesserte Ansatzpunkte einer Regionalprognose eröffnen.

2 Der Lokalisationsquotient

Der Lokalisationsquotient (location quotient) gibt Auskunft über die Bedeutung eines Sektors in einer Region im Vergleich zum Gesamttraum (\triangleright *Raum*). Mit ihm lässt sich die Spezialisierung einer Region auf einzelne Wirtschaftszweige messen. Hierbei wird oft von Indikatoren der Produktion und Beschäftigung Gebrauch gemacht. Als Bezugsgrößen können z. B. die Werte aller Sektoren oder der Industrie (\triangleright *Industrie/Gewerbe*) insgesamt verwendet werden. Hier wird auf die Zahl der Beschäftigten abgestellt, da sektorale Daten für diese Variable in Deutschland aus der amtlichen Statistik auch kleinräumlich verfügbar sind.

Ausgangspunkt einer Berechnung der regional- und sektorspezifischen Lokalisationsquotienten ist das in Tabelle 1 wiedergegebene rechteckige Datenschema, das unter Berücksichtigung einer zeitlichen Differenzierung auch für die Shift-Share-Analyse genutzt werden kann. Betrachtet wird ein Referenzraum, der in R Regionen unterteilt ist und dessen Wirtschaft aus I industriellen Sektoren besteht. Die Größen der Regionen sind darin mit Kleinbuchstaben und die Größen des Gesamttraums mit Großbuchstaben bezeichnet. Speziell gibt die Variable b_{ri} die Zahl

der Beschäftigten im Sektor i ($i = 1, 2, \dots, I$) in der Region r ($r = 1, 2, \dots, R$) an. Die Zahl aller industriellen Beschäftigten der Region r beträgt b_r und die Zahl der Beschäftigten im Sektor i B_i . Im Gesamttraum sind B Beschäftigte in einem der I industriellen Sektoren tätig.

Tabelle 1: Strukturierung des Gesamttraums und der gesamten Industrie

Sektor i / Region r	Region 1	Region 2	...	Region R	Gesamttraum
Sektor 1	b_{11}	b_{21}	...	b_{R1}	B_1
Sektor 2	b_{12}	b_{22}	...	b_{R2}	B_2
...
Sektor I	b_{1I}	b_{2I}	...	b_{RI}	B_I
Industrie insgesamt	b_1	b_2	...	b_R	B

Der Lokalisationsquotient lässt sich unter Verwendung sogenannter Horizontal- bzw. Vertikalgewichte definieren. Die Bezeichnungen der Gewichte lehnen sich an die Bildung von Verhältnissen aus den Größen der Zeilen („Horizontalgewichte“) und Spalten („Vertikalgewichte“) der Tabelle 1 an. Das Horizontalgewicht $h_{ri} = b_{ri}/B_i$ gibt den Anteil der Beschäftigten in Sektor i in der Region r an Beschäftigten in Sektor i im übergeordneten Wirtschaftsraum an. Gibt man die sektorale Differenzierung auf, erhält man das Horizontalgewicht $h_r = b_r/B$ als Anteil der Beschäftigten in Region r an den Gesamtbeschäftigten im übergeordneten Wirtschaftsraum. Ganz analog lässt sich der Anteil $v_{ri} = b_{ri}/b_r$ der Beschäftigten des Sektors i in der Region r an den Beschäftigten in Region r als Vertikalgewicht auffassen: $v_i = B_i/B$ ist dann ein Vertikalgewicht, das den Anteil der Beschäftigten im Sektor i an den Beschäftigten im übergeordneten Wirtschaftsraum angibt.

Der Lokalisationsquotient (Standortquotient) LQ_{ri} eines Sektors i in Region r ist durch das Verhältnis der beiden Vertikalgewichte v_{ri} und v_i ,

$$(1a) \quad LQ_{ri} = (b_{ri}/b_r)/(B_i/B) = v_{ri}/v_i$$

oder der beiden Horizontalgewichte h_{ri} und h_r ,

$$(1b) \quad LQ_{ri} = (b_{ri}/B_i)/(b_r/B) = h_{ri}/h_r$$

definiert. Mit Formel (1a) wird der Anteil der Beschäftigten des Sektors i in der Region r mit dem entsprechenden Beschäftigtenanteil im Gesamttraum verglichen. Formel (1b) liegt ein Vergleich des regionalen Beschäftigtenanteils im Sektor i mit demjenigen der gesamten Industrie zugrunde. Ein Lokalisationsquotient größer als 1 ($LQ_{ri} > 1$) zeigt an, dass der Sektor i in der Region r überdurchschnittlich stark vertreten ist. In diesem Fall liegt tendenziell eine Spezialisierung der betrachteten Region im Hinblick auf den entsprechenden Wirtschaftssektor vor. Ein Lokalisationsquotient kleiner als 1 ($LQ_{ri} < 1$) weist aus, dass der Sektor i in der Region r unterdurchschnittlich repräsentiert ist. Bei einem Lokalisationsquotienten von 1 lässt sich kein regionaler Bedeutungsunterschied der Branche i im Vergleich zum Gesamttraum konstatieren.

3 Die Shift-Share-Analyse

Mit dem Verfahren der Shift-Share-Analyse lässt sich die Veränderung der wirtschaftlichen Aktivität einer Region auf verschiedene Komponenten zurückführen. Dem liegt die Vorstellung zugrunde, dass die Entwicklung der Produktion oder Beschäftigung in einer Region nicht nur auf Standortbesonderheiten zurückzuführen ist, sondern dass sich hierin auch nationale Einflüsse niederschlagen. Nationale Einflüsse („Share-Effekt“) werden vor allem in der konjunkturellen Entwicklung, die sich im gesamtwirtschaftlichen Wachstum spiegelt, und in überregionalen Branchentrends gesehen. Regionale Einflüsse („Shift-Effekt“) werden dagegen in Standortvor- und -nachteile (▷ *Standortentscheidung*) verortet, die die Wettbewerbsfähigkeit der Regionen bestimmen.

Zur Durchführung einer Shift-Share-Analyse der Beschäftigungsentwicklung im Zeitraum t_0 bis t_1 in einer Region r benötigt man zeitbezogene nationale und regionale Beschäftigtendaten der Sektoren einer Volkswirtschaft. Um den Konjunkturfaktor von vornherein auszuschalten, wählt man häufig den Regionalfaktor RF als Ausgangspunkt, der die relative Veränderung der Beschäftigung in der Region mit derjenigen des Gesamttraums in Beziehung setzt:

$$(2) \quad RF_r = (b_r^{t_1}/b_r^{t_0}) / (B^{t_1}/B^{t_0}).$$

Ein Regionalfaktor größer (kleiner) als 1 kennzeichnet im Beobachtungszeitraum ein überdurchschnittliches (unterdurchschnittliches) Wachstum der regionalen Beschäftigung gegenüber dem Gesamttraum. Bei einem Regionalfaktor von 1 folgt die Beschäftigungsentwicklung der Region dem gesamtträumlichen Trend.

Der Regionalfaktor RF lässt sich in eine Strukturkomponente (Str) und eine Standortkomponente (Sta) aufspalten:

$$(3) \quad RF = \text{Str} \cdot \text{Sta}$$

Aufgrund der multiplikativen Verknüpfung werden die in (3) enthaltenen Komponenten Str und Sta als Faktoren bezeichnet. Der Strukturfaktor Str setzt die Beschäftigungsentwicklung einer Region, die sich ohne Unterschiede in den sektorspezifischen regionalen und nationalen Wachstumsraten ergeben hätte, zur tatsächlichen Beschäftigungsentwicklung des Gesamttraums in Beziehung. Alternativ lässt sich die hypothetische regionale Beschäftigungsentwicklung dadurch bestimmen, dass man die aktuellen sektorspezifischen Beschäftigtenzahlen des Referenzraums mit den konstant gehaltenen regionalen Anteilen der Beschäftigten an den Gesamtbeschäftigten der einzelnen Sektoren (sektorale Horizontalgewichte) gewichtet:

$$(4) \quad \text{Str}_r = \sum_{i=1}^I (b_{ri}^{t_0} \cdot B_i^{t_1}/B_i^{t_0}) / b_r^{t_0} / (B^{t_1}/B^{t_0}) = \sum_{i=1}^I (h_{ri}^{t_0} \cdot B_i^{t_1}) / b_r^{t_0} / (B^{t_1}/B^{t_0}).$$

Ein Strukturfaktor größer (kleiner) als 1 weist auf eine relativ günstige Branchenstruktur in einer Region hin, die eine gegenüber dem Gesamttraum bessere (schlechtere) regionale Beschäftigtenentwicklung erwarten lässt. In ersterem Fall ist die regionale Wirtschaftsstruktur durch wachstumsstarke Branchen gekennzeichnet, während in letzterem Fall wachstumsschwache Branchen dominieren.

Der Standortfaktor Sta_r setzt die tatsächliche regionale Beschäftigungsentwicklung mit der hypothetischen Beschäftigungsentwicklung in Beziehung, die wie bei dem Strukturfaktor unter Verwendung der sektoralen Wachstumsraten des Gesamttraums oder durch Anwendung der sektoralen Horizontalgewichte auf die Sektoralbeschäftigung des übergeordneten Raums bestimmt werden kann:

$$(5) \quad Sta_r = b_r^{t_1} / \sum_{i=1}^I b_{ri}^{t_0} \cdot B_i^{t_1} / B_i^{t_0} = b_r^{t_1} / \sum_{i=1}^I h_{ri}^{t_0} \cdot B_i^{t_1}$$

Bei einem Standortfaktor größer (kleiner) als 1 ist die regionale Beschäftigungsentwicklung im Beobachtungszeitraum besser (schlechter) gewesen, als es aufgrund der Sektoralstruktur zu erwarten war. Obwohl der Standort für einzelne Branchen Nachteile aufweisen kann, überwiegen in ersterem Fall über alle Branchen betrachtet dann die Standortvorteile. In letzterem Fall können bestehende Standortvorteile für einzelne Branchen die Standortnachteile für andere Branchen nicht kompensieren.

Die Shift-Share-Analyse ist ein methodischer Ansatz, mit dem Unterschiede in der Beschäftigtenentwicklung von Regionen auf differierende Branchenstrukturen und Standortbesonderheiten zurückgeführt werden. Die Veränderung von regionalen Beschäftigungsanteilen einer Branche wird hierbei pauschal der Standortgunst bzw. Standortungunst zugeschrieben. Eine kausale Interpretation ist dadurch nicht gegeben, da die Standortkomponente eine Restgröße ist, die nicht nur Standortbesonderheiten erfasst, sondern ebenso Zufallseffekte auffängt. Außerdem könnten Wechselwirkungen zwischen dem Struktur- und Standortfaktor bestehen, die sich über eine Interaktionskomponente abbilden ließen. Im Hinblick auf die prognostische Relevanz der Shift-Share-Technik sind die Annahmen eines „constant share“ und „constant shift“ infrage zu stellen.

Zum Teil sind die kritischen Punkte der konventionellen Shift-Share-Analyse in Weiterentwicklungen aufgegriffen worden. Besondere Aufmerksamkeit hat dabei das regressionsanalytische Äquivalent der Shift-Share-Analyse erhalten, mit dem die Wachstumsrate der regionalen Beschäftigung der Branche i in der Periode t , g_{rit} , in einen Brancheneffekt α_i , einen Regionseffekt γ_r , einen Periodeneffekt λ_t und einen Zufallseffekt ε_{rit} zerlegt wird (vgl. Patterson 1991; Möller/Tassinopoulos 2000; Wolf 2002):

$$(6) \quad g_{rit} = \alpha_i + \gamma_r + \lambda_t + \varepsilon_{rit}$$

Die spezifische Struktur des regressionsanalytischen Ansatzes (6) der Shift-Share-Methode lässt eine simultane Analyse von Paneldaten aller Regionen und Sektoren eines Gesamttraums zu. Hierbei lässt sich neben dem Branchen- und Regionseffekt auch ein Periodeneffekt isolieren. Außerdem wird der in dem regionalen Wachstum einer Branche enthaltene Zufallseinfluss identifiziert. Hierdurch wird es möglich, die systematischen Komponenten auf Signifikanz zu testen. Auch können in das Grundmodell weitere potenzielle Einflussgrößen auf das regionale Branchenwachstum wie z. B. das Humankapital oder die Siedlungsstruktur (\triangleright *Siedlung/Siedlungsstruktur*) integriert werden.

4 Regionale Input-Output-Analyse

Die Methodik der regionalen Input-Output-Analyse basiert auf den in der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung ermittelten Lieferverflechtungen zwischen den Wirtschaftszweigen, wobei bei der Abgrenzung der bestehenden Verflechtungsstrukturen Aspekte der Regionalisierung berücksichtigt werden (Maier/Tödting/Trippl 2012: 41 ff.). Sie werden in Form einer Verflechtungsmatrix dargestellt, die den Kern einer Input-Output-Tabelle bildet. Neben den intraregionalen Sektoralverflechtungen sind für eine regionale Input-Output-Analyse vor allem die Güterströme zwischen der betrachteten Region und anderen Teilräumen innerhalb und außerhalb der Volkswirtschaft zu berücksichtigen.

Der Aufbau einer Input-Output-Tabelle ist in Tabelle 2 wiedergegeben. Die Größen x_{ij} der Verflechtungsmatrix (Vorleistungsmatrix) im Kern der Tabelle geben die Lieferbeziehungen zwischen den Sektoren an. Der Sektor i liefert Güter im Wert von x_{ij} an den Sektor j . Umgekehrt bezieht der Sektor j Güter im Wert von x_{ji} vom Sektor i . Die Zeilensumme der Lieferungen des Sektors i an alle Sektoren kennzeichnet die Zwischennachfrage (intermediärer Output) S_i . Die Spaltensumme der empfangenen Leistungen eines Sektors j von allen Sektoren spiegelt seinen Vorleistungsverbrauch (intermediärer Input) U_j wider. Die Endnachfrage y_i umfasst die Lieferungen des Sektors i für den privaten Verbrauch, Bruttoinvestitionen, den Staatsverbrauch und Exporte. Der primäre Input P_j setzt sich aus den Arbeitsentgelten, indirekten Steuern abzüglich Subventionen, Importen, Abschreibungen und Gewinnen des Sektors j zusammen. Der Bruttoproduktionswert (BPW) X_i eines Sektors i lässt sich zeilenweise als Gesamtoutput und spaltenweise als Gesamtinput bestimmen.

Tabelle 2: Input-Output-Tabelle

	Sektor 1	Sektor 2	...	Sektor I	Zwischen- nachfrage S_i	Endnach- frage Y_i	BPW X_i
Sektor 1	v_{11}	v_{12}	...	v_{1I}	S_1	Y_1	X_1
Sektor 2	v_{21}	v_{22}	...	v_{2I}	S_2	Y_2	X_2
...
Sektor I	v_{I1}	v_{I2}	...	v_{II}	S_I	Y_I	X_I
Vorleistungs- verbrauch U_j	U_1	U_2	...	U_I			
Primäre Inputs P_j	P_1	P_2	...	P_I			
BPW X_j	X_1	X_2	...	X_I			

In dem Modell der Input-Output-Analyse wird die Endnachfrage bei Annahme einer linearen Produktionstechnologie als exogen vorausgesetzt. Mithilfe des Modells lässt sich transparent machen, welche Gütermengen einzelne Branchen unter Berücksichtigung aller direkten und indirekten sektoralen Verflechtungen produzieren müssen, um die Endnachfrage nach den von ihnen hergestellten Produkten zu befriedigen.

Speziell lässt sich mit einer regionalen Input-Output-Analyse untersuchen, welche Sektoren die Entwicklung einer Region nachhaltig bestimmen können. Allerdings sind originär ermittelte regionale Input-Output-Tabellen nur in Ausnahmefällen verfügbar, sodass zu ihrer Erstellung auf Nonsurvey-Methoden zurückgegriffen werden muss, d. h. Verfahren, bei denen aus einer großräumigen Input-Output-Tabelle, die in der Regel auf nationalen Daten basiert, regionale Matrizen abgeleitet werden (vgl. Kronenberg 2009). Außerdem lassen sich in einer erweiterten Input-Output-Analyse Beschäftigungs- und Umweltwirkungen aufzeigen. Kritisch ist hierbei jedoch die Annahme einer Konstanz der Inputkoeffizienten im statischen Modell, die den Einfluss des technischen Fortschritts, die Veränderung der Produktqualität und Variationen der Faktorpreise nicht berücksichtigt. Zudem ist die Annahme einer exogenen Endnachfrage problematisch. Wenngleich die wirtschaftlichen Gegebenheiten durch Weiterentwicklungen in Form einer Endogenisierung der Endnachfrage oder einer Dynamisierung realitätsnäher abgebildet werden kann, wird dadurch jedoch die fundamentale lineare Modellstruktur nicht aufgehoben.

5 Das Gravitationsmodell

Arbeitsteilung und Spezialisierung machen Austauschbeziehungen zwischen den Raumeinheiten erforderlich. Die räumliche Differenzierung der Standortnutzung lässt zwischen Nationen und Regionen Güter- und Handelsströme entstehen. Zwischen den Wohn- und Arbeitsorten der Beschäftigten werden Pendlerströme hervorgerufen. Konsumenten tätigen Einkaufsfahrten zwischen ihrem Wohnort (> *Wohnen*) und dem Dienstleistungszentrum (> *Zentraler Ort*).

Gravitationsanalytische Modelle der Regionalwissenschaft zielen darauf ab, die Intensität der räumlichen Interaktion zu erklären. Man sucht hierbei die Analogie zum Newtonschen Gravitationsgesetz der Physik, nach dem sich zwei Massen mit einer Kraft anziehen, die proportional zu ihrem Gewicht und umgekehrt proportional zum Quadrat des Abstands der Massenschwerpunkte ist. Hieran anknüpfend wird die Stärke der Interaktion zwischen zwei Regionen als positiv abhängig von ihrer Bedeutung und als negativ abhängig von ihrer Entfernung zueinander angenommen. So ist z. B. die Wahrscheinlichkeit größerer Pendlerströme in Zielregionen mit einem guten Arbeitsplatzangebot hoch, wenn zugleich die Zahl der Arbeitsplatznachfrager in Quellregionen hoch ist. Gleichzeitig lassen mit wachsender Entfernung entstehende höhere Pendelkosten das Pendeln zwischen den infrage kommenden Regionen zunehmend als unvorteilhaft erscheinen.

Zur theoretischen Fundierung des Gravitationsmodells wurde neben einem einfachen Wahrscheinlichkeitskalkül (Isard 1960: 494 ff.) auch auf nutzentheoretische Ansätze zurückgegriffen (vgl. Kemming 1980). Jedoch zeigt sich, dass die einfache Analogie zum physikalischen Gravitationsgesetz,

$$(7) \quad T_{irs} = \gamma \cdot U_r \cdot Z_s / d_{rs}^2,$$

in der T_{rs} die Stärke der Interaktion zwischen dem Ursprungsort r und dem Zielort s bezeichnet, dem regionalwissenschaftlichen Phänomenen in der Regel nicht gerecht wird. In (7) werden durch die Größen U_r und Z_s die Bedeutung (Attraktivität) der Regionen r und s erfasst. Die Größe d_{rs} misst die Entfernung zwischen dem Ursprungsort r und dem Zielort s . Analog zur Gravitationskonstanten enthält das einfache Gravitationsmodell einen Proportionalitätsfaktor γ .

Die Notwendigkeit einer Verallgemeinerung des einfachen Gravitationsmodells wird aus der Tatsache deutlich, dass in der Realität nicht ohne Weiteres von der unterstellten Abschwächung der Stärke regionaler Interaktionen mit dem Quadrat der Entfernung (d_{rs}) ausgegangen werden kann. Vielmehr sind verschiedene Formen einer Distanzfunktion $f(d_{rs})$ denkbar. Während sich eine Abnahme zusätzlicher Kosten der Raumüberwindung (\triangleright *Raumüberwindungskosten*) pro Einheit mit zunehmender Entfernung mithilfe der Potenzfunktion d_{rs}^α modellieren lässt, wird ein steigender Raumwiderstand mit der Exponentialfunktion $e^{\beta \cdot d_{rs}}$ erfasst. Als Messgröße für d_{rs} ist die direkte Entfernung zwischen den geographischen oder wirtschaftlichen Zentren der Regionen r und s in der Regel nicht die geeignete Wahl, da hierbei die Qualität der Verkehrswege (\triangleright *Verkehrsinfrastruktur*) unberücksichtigt bleibt. Widerstände der Raumüberwindung werden bei einer Verwendung von Fahrzeiten daher im Allgemeinen realitätsnäher abgebildet.

Darüber hinaus sind in Abhängigkeit vom jeweiligen regionalwissenschaftlichen Kontext die Massen U_r und Z_s zu operationalisieren. Bei Pendlerströmen kämen hierfür Indikatoren wie die Zahl der Einwohner oder die Zahl der Beschäftigten in Betracht. Im Fall von Handelsströmen bietet sich vor allem das Bruttoinlandsprodukt der Quell- und Zielregion als Kenngröße der wirtschaftlichen Leistung an, aus der Handelsströme zwischen den Regionen erwachsen. Im Unterschied zum physikalischen Gravitationsgesetz ist z. B. bei einer Verdoppelung der ökonomischen Massen U_r und Z_s nicht unbedingt eine Vervierfachung der Handelsströme zu erwarten, was ebenfalls den Bedarf nach einer Verallgemeinerung des einfachen Gravitationsmodells begründet, die nachstehend durch eine Verwendung der Potenzen U_r^δ und Z_s^η anstelle der originären Massegrößen U_r und Z_s erfolgt.

Mit den beiden Verallgemeinerungen lässt sich das regionalwissenschaftliche Gravitationsmodell in der Form

$$(8a) \quad \ln(T_{rs}) = \ln \gamma + \delta \cdot \ln(U_r) + \eta \cdot \ln(Z_s) - \alpha \cdot \ln(d_{rs})$$

oder

$$(8b) \quad \ln(T_{rs}) = \ln \gamma + \delta \cdot \ln(U_r) + \eta \cdot \ln(Z_s) - \beta \cdot d_{rs}$$

linearisieren. Je nach verwendeter Widerstandsfunktion kann Gleichung (8a) bzw. (8b) als systematischer Teil eines Regressionsmodells verwendet werden, in dem die unbekannt Parameter γ , δ , η und α bzw. β ökonometrisch zu schätzen sind. Hierdurch eröffnet sich nicht nur die Möglichkeit, die Gültigkeit des verallgemeinerten Gravitationsmodells anwendungsbezogen zu testen. Auch lassen sich auf der Grundlage eines solchen Ansatzes Prognosen über zukünftige Verkehrs- und Handelsströme oder die Zahl von Einkaufsfahrten erstellen. Darüber hinaus kann der gravitationstheoretische Ansatz verwendet werden, um Aussagen über die Veränderung von Strömen zu machen, die nach Durchführung einer bestimmten Maßnahme wie z. B. dem Bau eines Einkaufszentrums oder dem Ausbau eines Verkehrsweges zu erwarten sind.

6 Räumliche Ökonometrie

Bei den Standardmethoden der Ökonometrie wird bei Querschnittsanalysen von Unternehmen, Betrieben, Verbrauchern oder Beschäftigten in der Regel unterstellt, dass die statistischen Einheiten unabhängig voneinander sind. Im Spezialfall der räumlichen Daten ist diese Unabhängigkeit jedoch im Allgemeinen nicht gegeben. Zwischen benachbarten Regionen bestehen häufig vielfältige Interaktionen, die in der regionalökonomischen Theorie thematisiert werden (Eckey 2008: 90 ff.; Bröcker/Fritsch 2012: 81 ff.). Um die hierdurch entstehenden räumlichen Abhängigkeiten (räumliche Autokorrelation) modellmäßig abbilden zu können, hat die räumliche Ökonometrie als Spezialgebiet der Ökonometrie entsprechende Untersuchungsmethoden entwickelt, Außerdem setzt sie sich mit dem Problem räumlicher Heterogenität auseinander, das sich auf die Unterschiedlichkeit der Raumstrukturen (▷ *Raumbedeutsamkeit*) zurückführen lässt.

In räumlich-ökonometrischen Analysen steht häufig die räumliche Autokorrelation in einer regionalen Regressionsfunktion, z. B. in Form einer Produktionsfunktion oder Lohnfunktion, im Fokus des Interesses. Sie kann durch Spillover-Effekte (räumliche Externalitäten) wie etwa dem Austausch von Wissen in regionsübergreifenden Netzwerken (▷ *Netzwerke, soziale und organisatorische*) hervorgerufen werden, die eine gegenseitige Beeinflussung der Entwicklung nahe beieinanderliegender Regionen bedingt. Räumliche Autokorrelation kann jedoch auch dadurch entstehen, dass die regionalen Einheiten nicht funktional im Hinblick auf die sich im Raum vollziehenden Prozesse abgegrenzt sind (Areal-Unit-Problem). So wird beispielsweise anhand von Pendlerströmen deutlich, dass die zugrunde liegenden administrativen Einheiten keine Funktionalregionen (Arbeitsmarktregionen) sind und Ereignisse wie z. B. Neugründungen, Erweiterungen und Schließungen von Betrieben in einer Region im Allgemeinen auch Auswirkungen auf die Arbeitslosigkeit in den angrenzenden Regionen haben (▷ *Arbeitsmarkt*).

Ausgangspunkt einer Messung der räumlichen Autokorrelation ist das für R Regionen formulierte ökonometrische Standardmodell

$$(9) \quad y = X\beta + \varepsilon ,$$

in dem y ein $R \times 1$ -Vektor der zu erklärenden Variablen, X eine $R \times k$ -Matrix der exogen gegebenen erklärenden Variablen, ε ein $R \times 1$ -Vektor der Störgröße und β ein $k \times 1$ -Vektor der Regressionskoeffizienten ist. Sofern die Störgröße über alle Regionen r konstant (Homoskedastizität) und nicht autokorreliert wäre, ließen sich die Regressionskoeffizienten β_j des Modell (9) erwartungstreu, effizient und konsistent mit der gewöhnlichen Methode der kleinsten Quadrate (OLS – ordinary least-squares) schätzen (Dreger/Kosfeld/Eckey 2014: 40 ff.). Räumliche Autokorrelation bedeutet jedoch, dass die Autokovarianz der Störgröße zwischen einigen Regionen r und s ungleich null ist:

$$(10) \quad \text{Cov}(\varepsilon_r, \varepsilon_s) \neq 0 .$$

Eine Schätzung der Regressionskoeffizienten bzw. ihrer Standardfehler mit der gewöhnlichen Methode der kleinsten Quadrate ist in diesem Fall verzerrt und inkonsistent. Zur Prüfung der Residuen der gewöhnlichen Kleinst-Quadrate-Regression (OLS-Residuen) auf räumliche Autokorrelation stehen verschiedene Testverfahren zur Verfügung. Sie machen ebenso wie die räumlichen Regressionsmodelle von dem Konzept einer Gewichtungsmatrix Gebrauch, die geographische Informationen (▷ *Geoinformation / Geoinformationssysteme (GIS)*) über die relative Lage der

Regionen zueinander enthält. Hierbei kann es sich um Informationen über Nachbarschaften oder Distanzen zwischen den Regionen handeln, die in binäre bzw. distanzbasierte Gewichte transformiert werden. Indem sie Vorabinformationen über die Nähe der Regionen zueinander verkörpert, operationalisiert die Gewichtungsmatrix Toblers „erstes Gesetz der Geographie“, dass „everything is related to everything else, but near things are more related than distant things“ (Tobler 1970: 236). Wie mithilfe einer solchen Gewichtungsmatrix ein globaler Test auf räumliche Autokorrelation (Moran-Test) durchgeführt werden kann, ist beispielsweise bei Dreger/Kosfeld/Eckey (2014: 281 ff.) nachzulesen.

Räumliche Autokorrelation lässt sich in verschiedenartiger Art und Weise in einer Regressionsbeziehung berücksichtigen (LeSage/Pace 2009: 32 f.). Methodisch am einfachsten stellt sich der Fall dar, wenn sich die Interaktionen zwischen den Regionen in Form von räumlichen Lags in den erklärenden Variablen abbilden lassen. Ein räumliches Modell mit Spatial Lags in den X-Variablen (SLX-Modell) lässt sich unverändert mit der gewöhnlichen Methode der kleinsten Quadrate schätzen. Ob vorhandene räumliche Autokorrelation überhaupt durch ein räumliches Modell mit Spatial Lags in den X-Variablen erklärt werden kann, lässt sich mit dem bekannten F-Test über lineare Restriktionen prüfen (Florax/Folmer 1992). Dagegen ist der Einsatz von Standardtests zur Prüfung der Anwendbarkeit von Regressionsmodellen mit einem Spatial Lag in der endogenen Variablen oder räumlichen Abhängigkeiten in der Störgröße nicht angezeigt. Hierzu empfiehlt sich insbesondere der Rückgriff auf spezielle Lagrange-Multiplier-Tests (LM-Tests), die für den räumlichen Kontext entwickelt worden sind (Fisher/Wang 2011: 35 f.). Substanzielle regionale Abhängigkeiten, die sich in der endogenen Variablen y niederschlagen, lassen sich in einem räumlich autoregressiven Modell (spatial autoregressive model, SAR-Modell) abbilden.

Literatur

- Bröcker, J.; Fritsch, M. (Hrsg.) (2012): *Ökonomische Geographie*. München.
- Dreger, C.; Kosfeld, R.; Eckey, H.-F. (2014): *Ökonometrie*. Wiesbaden.
- Eckey, H.-F. (2008): *Regionalökonomie*. Wiesbaden.
- Fisher, M. M.; Wang, J. (2011). *Spatial Data Analysis. Models, Methods and Techniques*. Heidelberg / New York.
- Florax, R. J. G. M.; Folmer, H. (1992): Specification and estimation of spatial linear regression models. In: *Regional Science and Urban Economics* 22, 405-432.
- Isard, W. (1960): *Methods of Regional Analysis: an Introduction to Regional Science*. Cambridge, Mass.
- Kemming, H. (1981): *Raumwirtschaftstheoretische Gravitationsmodelle – Eine Untersuchung ihrer analytischen Grundlagen*. Berlin.
- Kronenberg, T. (2009). Construction of Regional Input-Output Tables Using Nonsurvey Methods: The Role of Cross-Hauling. In: *International Regional Science Review* 32, 40-64.
- LeSage, J. P.; Pace, R. K. (2009): *Introduction to Spatial Econometrics*. Boca Raton, FL.

- Maier, G.; Tödtling, F.; Tripl, M. (2012): Regional- und Stadtökonomik 2: Regionalentwicklung und Regionalpolitik. Wien / New York.
- Möller, J.; Tassinopoulos, A. (2000): Zunehmende Spezialisierung oder Strukturkonvergenz? Eine Analyse der sektoralen Beschäftigungsentwicklung auf regionaler Ebene. In: Jahrbuch für Regionalwissenschaft / Review of Regional Science 20, 1-38.
- Patterson, M. G. (1991): A Note on the Formulation of the Full-Analogue Regression Model of the Shift-Share Method. In: Journal of Regional Science 31, 211-216.
- Tobler, W. (1970): A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. In: Economic Geography 46, 234-240.
- Wolf, K. (2002): Analyse regionaler Beschäftigungsentwicklung mit einem ökonometrischen Analogon zu Shift-Share-Techniken. In: Kleinhenz, G. (Hrsg.), IAB-Kompodium Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, BeitrAB 250, 325-333. Nürnberg.

Weiterführende Literatur

- Ehlhorst, J. P. (2014): Spatial Econometrics – From Cross-Section Data to Spatial Panels. Heidelberg / New York.
- Fischer, M. M.; Getis, A. (Eds.) (2010). Handbook of Applied Spatial Analysis. Berlin/Heidelberg.
- IWH – Institut für Wirtschaftsforschung Halle (Hrsg.) (2013): Neuere Anwendungsfelder der Input-Output-Analyse. Tagungsband, Beiträge zum Halleschen Input-Output-Workshop 2012, IWH-Sonderheft 1/2013. Halle (Saale).
- Roy, J. R. (2004): Spatial Interaction Modelling: A Regional Science Context. Berlin/Heidelberg.

Bearbeitungsstand: 07/2018