

# GEOGRAPHISCHE ZEITSCHRIFT

BEGRÜNDET VON ALFRED HETTNER

HERAUSGEGEBEN VON  
ERNST GIESE · GERD KOHLHEPP · ALBERT KOLB  
ADOLF LEIDLMAIR

UND

GERHARD SANDNER  
(Federführender Herausgeber)

75. JAHRGANG · 1987



FRANZ STEINER VERLAG WIESBADEN GMBH  
STUTT GART

1850  
7

RAUM, ZEIT UND UMWELT  
EINE THEORETISCHE BETRACHTUNG AUS ANTHROPO-  
GEOGRAPHISCHER SICHT\*

Von DIETRICH FLIEDNER (Saarbrücken)

Mit 3 Tabellen

1. Zwei Konzepte vom Raum

Philosophen, Mathematiker und Physiker haben sich in der Vergangenheit immer wieder dem Problem des Raumes zugewandt (Jammer 1960). Aber auch Geographen sind unmittelbar betroffen, wenn sie diese Frage bisher auch nur selten aus theoretischem Blickwinkel erörtert haben (z.B. Bartels 1968, S. 74 f.; 1974; Hard 1986). In der geographischen Literatur wird der Begriff Raum vor allem in zweifacher Bedeutung verwendet (Hard 1973, S. 181 f.; Wirth 1979, S. 261 f.):

1. Der Raum als Behälter: Zu einem bestimmten Zeitpunkt befinden sich in ihm die Gegenstände (oder Personen) in beliebiger Anordnung. Zu einem anderen Zeitpunkt sind andere Gegenstände in diesem Raum, oder die vorgegebenen Gegenstände sind anders angeordnet. D.h., der Raum ruht, die Gegenstände sind verschiebbar, man kann sie abziehen oder neue hinzufügen; in jedem Fall bleibt der Raum in seiner Form erhalten. Im Hintergrund ist das Konzept des absoluten Raumes zu sehen, ein dreidimensionales Gebilde, definiert durch Länge, Breite und Höhe. Die Zeit existiert für sich, dem absoluten Raum steht die absolute Zeit gegenüber, in der sich beliebige Ereignisse vollziehen. Die Gegenstände bewegen sich in Raum und Zeit. Dieses Konzept entstand in der Renaissance; Galilei (1638/1973) und Newton (1686/1963) haben es ihren physikalischen Gesetzen zugrunde gelegt.
2. Der Raum als Ordnung: Um die letzte Jahrhundertwende begann ein zweites Konzept sich durchzusetzen, bei dem die Gegenstände (oder Personen) selbst betrachtet werden. Der Raum wird als Ordnung verstanden, d.h. die Gegenstände sind es, die als Elemente den Raum gestalten, sowie die Beziehungen zwischen ihnen, das räumliche Gefüge. Werden die Gegenstände und ihre Zuordnungen verändert, so verändert sich auch der Raum. Entstehungs- und Alterungsprozesse gestalten die Zeit. Nur durch die Anordnung der Gegenstände kann man den Raum wahrnehmen, nur durch ihre Veränderung wird Zeit erkennbar. In der Physik bilden der relative Raum Einsteins (1905/1974) sowie die Thermodynamik Boltzmanns (1898/1981, S. 256 f.; 1905, S. 345 f.) und Prigogines (1979) den Hintergrund (vgl. dazu auch Wehrt 1974; 1984).

Das Konzept „Raum als Behälter“ läßt sich z.B. an der Länderkunde, wie sie Hettner (1927) verstand, demonstrieren; die Länder oder Regionen werden zu einem bestimmten

\*Erweiterte Fassung eines Vortrages auf dem Geographentag Berlin, Okt. 1985. In die von R. Schwarz angefertigte Kurzfassung des Vortrages (Verhandl. d. dt. Geographentages, Bd. 45, Stuttgart 1987, S. 518 f.) haben sich leider mißverständliche Formulierungen eingeschlichen, da z.T. eine andere Terminologie verwendet wurde. — Ich danke Herrn Prof. Dr. D. Klaus, Bonn, für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

Zeitpunkt, der Gegenwart, betrachtet, und zu diesem Zeitpunkt werden die Sachverhalte wie Oberflächenformen, Siedlungen, Verkehr, Wirtschaft etc. dargestellt. Die Zeit wird in die Erklärung einbezogen („kausalgenetische Erklärung“).

Das Konzept „Raum als Ordnung“, bei dem die Gegenstände in ihren Relationen zueinander im Vordergrund stehen, dringt sukzessive in die geographische Forschung ein. Die verschiedenen Phasen der Wissenschaftsentwicklung, wie sie Overbeck (1954) und Thomale (1972) erarbeitet haben, spiegeln den langsamen Umdenkungsprozeß wider:

Ein wichtiges Stadium auf diesem Wege ist die „funktionale Phase“ der Geographie, die in ähnlicher Weise sich übrigens auch in der Soziologie (Merton 1936), in der Volkswirtschaft (Lösch 1943) oder in der Kulturanthropologie (Malinowski 1944) nachweisen läßt. In der Geographie findet diese Phase in der Erforschung der hierarchischen Ordnung der zentralen Orte (Christaller 1933) oder der räumlichen Anordnung der wirtschaftlichen Aktivitäten im Umland der Städte (Waibel 1933) ihren Niederschlag. Der Begriff „Umwelt“ wird hier bereits vorstrukturiert.

In der „prozessualen Phase“ wird auch die Zeit in die Beschreibung einbezogen (Sauer 1952; Hägerstrand 1952); damit wird die hermeneutische Darstellung, das Verstehen der Vorgänge und Strukturen immer wichtiger. Es treten nun vor allem die Menschen selbst und ihre Gruppierungen in den Vordergrund. Hier ist, aufbauend auf Ratzel (1897) und Hettner (1929) Schmitthenner (1938/51) hervorzuheben. Schmitthenner führt in seinem Buch „Lebensräume im Kampf der Kulturen“ eindrucksvoll vor, wie die Hochkulturen sich als selbständige soziale Einheiten im Lauf der Zeit, bestimmten regelhaften Verhaltensweisen folgend, sich ausbreiten, stagnieren und evtl. wieder schrumpfen; sie haben so ihre eigene Lebensdynamik. Mit diesen Überlegungen wird einer Sozialgeographie vorgegriffen, die dann durch Busch-Zantner (1937), Bobek (1948) u.a. ein theoretisches Fundament erhält. Schmitthenner hat sich selbst dagegen gewehrt, daß sein Buch als sozialgeographisch bezeichnet wird, doch dürfte außer Frage stehen, daß er dieser modernen Forschungsrichtung wesentliche Impulse verliehen hat. Es entstehen nun in diesem Rahmen neue Problemfelder; so wird gefragt, wie die Aktivitäten im Zusammenhang zu beurteilen sind, wie diese sich zu Prozessen formieren, wie sich die Menschen in ihnen einordnen und wie diese die Vorgänge gestalten. Auch andere Disziplinen erarbeiten theoretische Ansätze (z.B. Handlungstheorie; Parsons 1952).

Der Begriff „Umwelt“ wird zum festen Bestandteil der Diskussion, vor allem ausgehend von der Verhaltensforschung (von Uexküll 1921; Lorenz 1939). Es ist sicher kein Zufall, daß die Situation der Menschen in ihrer natürlichen Umwelt gerade in der Gegenwart so pointiert öffentlich problematisiert wird. Natürlich erhält hierbei die Ökosystemforschung ihren besonderen Stellenwert (Ellenberg 1973; Müller 1981). Sie bringt das Beziehungsgefüge in den Blick, wobei unter Beziehungen Informations- und Energiefluß verstanden werden. Die Landschaftsforschung, wie sie insbesondere von Schmithüsen (1976) gefördert wurde, führt in diesem Zusammenhang bereits zu neuen Überlegungen.

Die soziale Gruppe und die Population bilden im Konzept „Raum als Ordnung“ den eigentlichen anthropogeographischen Forschungsgegenstand. Siedlungen, Wirtschaftseinrichtungen, Verkehrswege usw. werden anders als früher — im Konzept „Raum als Behälter“ — bewertet; sie sind ja nicht um ihrer selbst willen angelegt worden, sondern vornehmlich deshalb, weil einzelne Menschen, Gruppen oder Populationen die Umwelt gezielt nutzen wollten. In diesem Kontext handelt es sich wie bei den von den Menschen genutzten Werkzeugen um Artefakte; wenn man so will, bilden sie strukturell ein Binde-

glied zur Umwelt. Natürlich sind es nach wie vor wichtige und interessante Untersuchungsobjekte für den Anthropogeographen, erhalten aber für unsere Überlegungen eher den Charakter von auswertbaren Quellen.

## 2. Definition Raum und Umwelt

Wie erfaßt man einen „Raum als Ordnung“? Bekanntlich müssen das Gesetzliche und das Einmalige unterschieden werden. Betrachten wir z.B. die Stadt als solche, ihren typischen Aufbau, ihre typische Position in der Hierarchie der zentralen Orte, so sehen wir sie im normativen Rahmen. Meinen wir dagegen Berlin oder Saarbrücken in ihrer individuellen Eigenart, so stehen die einmalig gestalteten und einander zugeordneten Gegenstände, Personen, Vorgänge, die den normativen Rahmen ausfüllen und in ihm geortet werden können, im Vordergrund. Wir wollen bei unseren Ausführungen den Rahmen betrachten, also vom Einmaligen abstrahieren und das Gesetzmäßige behandeln.

Ordnung bedeutet ein sinnvolles Miteinander von Elementen, die als solche selbständige Größen darstellen. Das Miteinander zwischen den Elementen wird durch Beziehungen definiert, die bestimmten Gesetzmäßigkeiten unterliegen. Durch Sinnggebung wird eine Gruppe von Elementen herausgehoben; so stellt ein „Raum als Ordnung“ eine Ganzheit dar und ist gegenüber der Umgebung (oder der Umwelt) begrenzbar. Die Gegenstände außerhalb dieses „Raumes“ haben eine andere Ordnung, gehören also nicht zum betrachteten Raum. Der „Raum als Ordnung“ läßt sich so nicht als allüber gegenwärtiges Gebilde – wie der „absolute Raum“ – betrachten, sondern nur als Typ.

Damit ist es möglich, zum besseren Verständnis der Struktur des Raumtyps sich des Systemmodells zu bedienen, das z.B. in der Thermodynamik und Biologie verwendet wird und über die Landschaftskunde in die Geographie Eingang fand (vgl. oben). Grundsätzlich sind zwei Arten von Systemen zu unterscheiden:

1. Das System besitzt einen festen Rahmen („Hardware“) mit Regelmechanismen, Ventilen, Speichern, Kommunikationsnetzen etc. In ihm verändern sich Lagerbestände, Informations- und Energiefluß. Über Ein- und Ausgang sind die Vorgänge im Inneren mit denen in der Umwelt verknüpft. Diesem Systemtyp sind z.B. Maschinen, Betriebe, auch die Erde als Ganzes zuzuordnen. Dementsprechend arbeiten Ingenieurwissenschaftler und Betriebswirte vorzugsweise mit dem Modell. Auch die Entwicklung der Weltmodelle („Club of Rome“; Meadows et al. 1972; Hambloch 1986, S. 15 f.) beruhen auf diesem Konzept.
2. In der Ökosystem- und Sozialsystemforschung dagegen bilden biotische bzw. soziale Populationen (soziale Gruppen) das Systemgerüst. Sie setzen sich aus Lebewesen und menschlichen Individuen in ihren sozialen Rollen zusammen, die durch Interaktionen, d.h. durch Informations- und Energiefluß miteinander verknüpft sind. So bilden auch diese Systeme Ganzheiten und lassen sich nach außen gegenüber anderen Systemen in der Umwelt abgrenzen. Zur Umwelt bestehen ebenfalls definierbare Beziehungen; die Systeme haben im einfachsten Fall einen Eingang und einen Ausgang, durch die sie mit ihrer Umwelt mittels Informations- und Energiefluß in Verbindung stehen. Sie können – anders als die Systeme des ersten Typs – in Abhängigkeit vom Informations- und Energiefluß ihre Größe und ihren Einfluß verändern. Dieses Systemmodell ist hier

gemeint; es wird also eine Analogie zwischen „Raum als Ordnung“ und System sowie zwischen den den Raum konstituierenden Gegenständen und den System-Elementen hergestellt.

Versuchen wir auf induktivem Wege, Systemforschung zu betreiben, so können wir – bei beiden Systemtypen – die Vorgänge an den Ein- und Ausgängen betrachten, insbesondere Störungen und die daraus resultierenden Reaktionen. Auf diese Weise erhalten wir einen Einblick in das Systemverhalten, ohne daß wir im Detail die Systemstruktur kennen. Die Ergebnisse mögen zunächst qualitativ geordnet werden, Vorgänge und Zustände lassen sich in Modellskizzen einander zuordnen. Dann bedient man sich mathematischer Methoden (z.B. Forrester 1968; von Bertalanffy, Beier u. Laue 1977). Schließlich können Daten eingegeben werden, um die realen Zustände und Prozesse zu simulieren. Die Volkswirtschaft, die Stadtforschung, die Ökosystemforschung, die Biophysik und andere Disziplinen verdanken dieser Methode wertvolle Erkenntnisse.

Wenn man, wie wir es versuchen wollen, die Raumeigenschaften näher studieren möchte, muß man anders vorgehen. Hierbei gilt es, herauszufinden, wie in einem überschaubaren Rahmen die interagierenden Elemente sich anordnen, wie sich die Anordnung ändert, wenn sich die Beziehungen zwischen diesen ändern. Mit anderen Worten: Was vollzieht sich im Inneren eines Systems, wie ordnen sich die Elemente, wenn sich der Informations- und Energiefluß ändern? D.h. es soll ein Verständnis von der Basis her anhand eines Beispiels entwickelt werden.

Wir knüpfen wieder an die eingangs gemachten Überlegungen (Kap. 1) an und interpretieren ein soziales Gemeinwesen, eine menschliche Population als System. Als Beispiel diene Pecos, eine Indianerpopulation von wenigen Tausend Einwohnern (Kidder 1958), die zwischen ca. 1200 und 1838 in einem Becken im nördlichen Neumexiko lebte; ihr ökonomisches Verhalten in ihrem Lebensraum konnte in den vergangenen Jahren mit Hilfe von historisch-geographischen Methoden untersucht werden (Fliedner 1979; 1981). Die Population lebte in einem Dorf und bewirtschaftete ihre Gemarkung; sie bildet in dieser Eigenschaft das System, die Individuen, soweit sie im Feldbau engagiert sind, sind dann die Elemente. Die Arbeiten sind in Betrieben (entsprechend der Familienstruktur) als Subsysteme organisiert. Indem die Individuen in den Betrieben das Feldland bearbeiten, die wildwachsenden Früchte sammeln sowie Jagd und Fischerei betreiben, nutzen sie das Ökosystem; dies ist eine Umwelt, aus der Energie gewonnen wird. Andererseits kommt der Anreiz zum Anbau von den Menschen als Konsumenten, als biotischen Wesen, die Hunger haben und Nahrung, Kleidung etc. nachfragen (Tab. 1). Dies ist eine andere Umwelt, die Population als biotische Ganzheit. Sie ist natürlich

Tab. 1: Schema System – Umwelt, dargestellt an der Gemeinde Pecos

Nachfragende (übergeordnete) Umwelt	Biotisches System der Population Pecos
System	Ökonomisches System der Population
Elemente	Individuen in (Familien-) Betrieben als Subsysteme
Energiliefernde (untergeordnete) Umwelt	Ökosysteme, Becken von Pecos

auch ein System, aber wir müssen es getrennt von der Population als ökonomischem System betrachten. Das biotische System dient z.B. auch der Fortpflanzung und steht in Wechselwirkung mit dem ökonomischen System, das wir hier näher betrachten. Eine dritte Umwelt ist die Kulturpopulation der Pueblo-Indianer; wir lassen sie hier außer acht, um den Gedankengang einfach zu gestalten, und betrachten die Pecos-Population als autonom.

### 3. Das vertikale und horizontale Spannungsfeld

Die Anregung zur Aktivierung des ökonomischen Systems kommt, wie erwähnt, von dem biotischen System. Es ist dies die nachfragende Umwelt; man kann sie als übergeordnet betrachten, denn aus ihr kommt die Anweisung, indem sie die Energie nachfragt. Das ökonomische System folgt dieser Anregung. Die Nachfrage ist eine Information, die zum hier behandelten ökonomischen System und von ihm zu den Elementen gelangt, d.h. zu den in den Betrieben arbeitenden Individuen. Diese „adoptieren“ sie und geben sie – durch ihre Arbeit in den Betrieben mittels selbstgeschaffener Geräte und entsprechend ihrem Know-how – an die energieliefernde, in diesem Sinne untergeordnete Umwelt weiter, also an das Ökosystem, das dann die Energie als Rohstoff für die Nahrung, für die Kleidung, für Werkzeuge etc. abgibt. Dieser Rohstoff wird in den Betrieben bearbeitet (Drusch, Backen, Bearbeitung von Fleisch, Fell etc.) und für die Aufnahme durch das biotische System präpariert („Produktion“); dann wird es diesem, den nachfragenden Menschen also, angeboten.

Informations- und Energiefluß hängen zunächst von der Leistung der Elemente, also in unserem Beispiel der in den Betrieben arbeitenden Menschen selbst ab, d.h. wieviel oder wie schnell sie Information bzw. Energie umsetzen. Dabei kann der Einfachheit halber angenommen werden, daß die Elemente einander gleich sind (dies läßt sich in Elementeneinheiten ausdrücken). Sie sind aber überlastbar, können also zusätzlich für einen gewissen Zeitraum mehr leisten; z.B. könnte kurzzeitig eine größere Landfläche bearbeitet oder der Boden intensiver bewirtschaftet werden, während dies auf Dauer nicht möglich ist.

Für die Effizienz des Systems sind weiterhin die Umweltkontakte entscheidend. In unserem Beispiel bedeutet dies, daß die Menge der potentiellen Abnehmer, also die nachfragende Bevölkerung oder das biotische System der Gemeinde Pecos auf der einen und die Menge der Rohstoffe, also der zu erntenden Früchte oder der zu jagenden Tiere etc. auf der anderen Seite von Bedeutung sind. D.h., die Systeme werden von der Möglichkeit beeinflußt, Information bzw. Energie zu erhalten und abzugeben, also vom Zugang und Abgang. Abstrahiert betrachtet hängt dies seinerseits von der Wahrscheinlichkeit ab, mit der die Elemente im Informations- und Energiefluß im System mit den Elementen der vor- bzw. nachgeschalteten Umwelt in Kontakt geraten.

Dies ist ein Aspekt; ein anderer: Jedes System hat seinen individuellen Zeitablauf. Die Menschen, die Geräte altern, das Feldland laugt aus und muß nach etlichen Jahren gewechselt oder regelmäßig gedüngt werden, um das normale Angebot, d.h. den Energiefluß gewährleisten zu können. Außerdem kann zusätzlich Nachfrage entstehen, so daß sich die Produktion erhöhen, die Zahl der Elemente vergrößern muß. D.h., innerhalb

des ökonomischen Systems ergibt sich die Notwendigkeit zur Reproduktion. So haben das System und seine Elemente zwei Aufgaben:

1. die Umwandlung von Rohstoffen in Produkte und
2. die Eigenverjüngung, -vergrößerung bzw. -vermehrung.

Dies sind zwei verschiedene Dinge; die mit ihnen verbundenen Aktivitäten folgen zwei Gradienten, vollziehen sich also in zwei Spannungsfeldern:

1. im vertikalen Spannungsfeld,
2. im horizontalen Spannungsfeld.

Tab. 2: Vertikales Spannungsfeld (Bindungsebenen)

Bindungsebene	Bereiche	Einzelverknüpfungen	Operationszeichen	
			Informationsfluß	Energiefluß
1	Systembereich	Nachfragende (übergeord.) Umwelt	(+)	(-) ↑
		System Oberseite	(+)	(-) —
2	Systembereich	System Oberseite/ System Unterseite	(-)	(+) —
		System Unterseite/ Element Oberseite	(+)	(-) —
3	Elementbereich	Element Oberseite/ Element Unterseite	(-)	(+) —
		Element Oberseite/ Element Unterseite	(-) ↓	(+) —

Im vertikalen Spannungsfeld (Tab. 2) ist der Energiefluß die Antwort auf den Informationsfluß, d.h. auf die Nachfrage. Die Pole sind das Nichtvorhandensein und das Vorhandensein von Energie zwischen nachfragender (übergeordneter) Umwelt, also in unserem Beispiel dem biotischen System der Gemeinde Pecos, und auf der anderen Seite der untergeordneten, die Energie liefernden Umwelt, also die Rohstoffe anbietenden Ökosysteme im Becken von Pecos. Es wurde schon erwähnt, daß Systeme im Basismodell einen Eingang und einen Ausgang haben. Beim Eingang wird aus der (übergeordneten) Umwelt die Nachfrage als Information hereingebracht, das System, in unserem Falle das ökonomische System, nimmt auf. Beim Ausgang dagegen wird die Information, in umgewandelter Form, an die energieliefernde (untergeordnete) Umwelt hinausgebracht, das System gibt ab. In unserem Beispiel haben die Gemeindeglieder als biotische Wesen – dies ist ja die nachfragende Umwelt – Hunger, die Gesamtheit des ökonomischen Systems der Gemeinde nimmt dies als Information auf; dann erfahren dies die in den Betrieben arbeitenden Individuen, planen die Arbeit auf dem Felde, d.h. an der energieliefernden Umwelt. Abstrahiert betrachtet heißt dies, daß die Information zunächst in das System als Ganzheit und von ihm zu den Elementen gelangt, anders ausgedrückt durch den Systembereich zum Elementbereich. Im Systembereich ist die Eingabe der Information im Vordergrund, im Elementbereich dagegen die Abgabe an die energieliefernde Umwelt, durch die der umgekehrt von unten nach oben führende Energiefluß in Gang kommt. Will man dies formalisieren (Kap. 4), kann der Systembereich ein Pluszeichen, der Elementbereich ein Minuszeichen im Sinne des Informationsflusses erhalten.

Nun haben Systembereich und Elementbereich wiederum jeweils einen Eingang („Oberseite“) und einen Ausgang („Unterseite“), d.h., das System der Gemeinde nimmt Information, d.h. die Nachfrage auf und gibt sie an die in den Betrieben arbeitenden Menschen ab. Diese nehmen ihrerseits die Information auf und geben sie – wie gesagt – an die untergeordnete Umwelt ab. Dies können wir durch ein zusätzliches Plus- bzw. Minuszeichen ausdrücken. So kommen wir auf insgesamt vier strukturelle Verknüpfungsebenen, die wir Bindungsebenen nennen wollen. Sie werden im Informationsfluß – wie beschrieben – von oben nach unten durchlaufen, im Energiefluß aber von unten nach oben, so daß sich die Operationskürzel umkehren (Tab. 2).

Es ergibt sich (von oben nach unten gesehen) eine doppelte Reihe von Operationszeichen, die jeweils ein Kürzel bilden; in vorläufiger Schreibweise:

(±), (±), (∓), (=) 
 ↙ Bereiche (obere Reihe der Zeichen)  
 ↘ Einzelverknüpfungen (untere Reihe der Zeichen)

Tab. 3: Horizontales Spannungsfeld (Prozeßstadien)

Stadien	Halbprozesse	Einzelverknüpfungen	Einzelvorgänge
1	(+) Einbringen der Nachfrage (Prozeß als Ganzheit)	(+) Vorgeschaltete Umwelt/ System Vorderseite	Aufnahme in den Prozeß
2		(-) System Vorderseite/ System Rückseite	Abgabe an die Ausführenden
3	(-) Ausführen des Angebots (Ausführende des Prozesses)	(+) System Rückseite/ Element Vorderseite	Aufnahme durch die Ausführenden
4		(-) Element Vorderseite/ Element Rückseite	Abgabe an den folgenden Prozeß

Zum horizontalen Spannungsfeld (Tab. 3): Während im vertikalen Spannungsfeld das Übereinander, die hierarchische Zuordnung im Vordergrund steht, so im horizontalen Spannungsfeld das Nacheinander, d.h. der Prozeß. Wir kennen zunächst die struktur-erhaltenden Prozesse, also Informations- und Energiefluß, soweit sie die nötige Energie für die Erhaltung des Systems liefern, wie sie bei der Behandlung des vertikalen Spannungsfeldes angenommen wurden. Wird nun in der nachfragenden Umwelt – durch Bevölkerungszunahme unserer Population zum Beispiel – zusätzlich Energie, also Nahrung, nachgefragt, so ist das Feldland zu erweitern, es müssen weitere arbeitende Individuen herangezogen, neue Betriebe geschaffen werden usw. Dies ist ein strukturverändernder Prozeß, das System wird in diesem Fall ausgeweitet, erhält zusätzliche Elemente. Dieser Prozeß ist dem struktur-erhaltenden Prozeß gleichsam aufgesetzt. Er beginnt und endet, kann also – wie das System – als Ganzheit interpretiert werden, mit einem Eingang und einem Ausgang. Auch hier können wir wieder eine Gliederung nach formalen Gesichtspunkten vornehmen, und zwar in vier Stadien. In der ersten Hälfte des Prozesses wird die Information eingebracht; dies betrifft den Prozeß als Ganzheit. In der zweiten Hälfte wird der Auftrag von den Elementen ausgeführt. Will man auch hier eine Formalisierung

vorbereiten (Kap. 4), so kann man das Einbringen der Nachfrage in der ersten Hälfte des Prozesses mit einem Pluszeichen versehen, das Ausführen des Angebots in der zweiten Hälfte mit einem Minuszeichen. Diese beiden Halbprozesse haben ihrerseits einen Eingang („Vorderseite“) und einen Ausgang („Rückseite“), die zusätzlich mit einem Pluszeichen bzw. einem Minuszeichen versehen werden, so daß wir – rein formal – vier Stadien erhalten (Tab. 3).

Damit gibt es auch im horizontalen Spannungsfeld vier verschiedene Operationskürzel, die sich so formulieren lassen:

(±), (±), (∓), (=) 
 ↙ Halbprozesse (obere Reihe der Zeichen)  
 ↘ Einzelverknüpfungen (untere Reihe der Zeichen)

Diese Rechenvorschrift, identisch mit der des vertikalen Spannungsfeldes, erweist sich somit als Basis für die gesamte Theorie.

#### 4. Zur Formalisierung

Den Ansatz zur Formalisierung erhalten wir, indem wir

1. in jeder Bindungsebene die Prozesse betrachten und
2. berücksichtigen, daß jeder Prozeß jeweils vier Stadien hat und jedes Stadium ein eigener viergliedriger Prozeß ist

Wir kommen so auf insgesamt  $4 + 4^2 + 4^3 + 4^4 = 340$  Einzelprozesse in den vier Bindungsebenen.

Es wird im Verlaufe der Ausführungen deutlich geworden sein, daß die verschiedenen hier beschriebenen Aktivitäten wie Nachfragen, Produzieren, Konsumieren, Reproduzieren etc. vielfach – so in unserer Beispielgemeinde Pecos – von denselben Personen durchgeführt werden. Aber diese Personen spielen ihre Rolle in verschiedenen systemischen Verknüpfungen, und diese Verknüpfungen sowie die mit ihnen verbundenen Handlungen oder Vorgänge werden in einen formalen Zusammenhang gebracht. Dies ist die Voraussetzung für einen korrekten Ansatz.

Die mathematische Formalisierung muß in verschiedenen Schritten vollzogen werden.

1. sind die Gleichungen zu entwickeln;
2. müssen die Verknüpfungen erarbeitet werden, d.h. die Frage, wie z.B. Information (Nachfrage) als stimulierende Störung von Bindungsebene zu Bindungsebene, von Prozeß zu Prozeß weitergegeben wird;
3. muß schließlich versucht werden, den Prozeßablauf zu simulieren, indem konkrete Zahlenwerte eingegeben werden.

Die Arbeiten stehen erst am Anfang. Bisher konnte nur ein kleiner Teil der Formeln und ihrer Verknüpfungen erarbeitet werden (Fliedner 1984; 1986). Sie können hier nicht vorgestellt werden; der Gedankengang sei aber kurz erläutert:

In der Gemeinde Pecos wächst die Bevölkerungszahl, dies stimuliert das ökonomische System, sich auszudehnen. Das heißt, es wird ein strukturverändernder Prozeß in Gang gesetzt, um den Energiefluß, also das Nahrungsangebot, zu verstärken; dazu muß die



Elementzahl, evtl. auch die Zahl der Subsysteme, also der Betriebe, vergrößert werden. Der Hauptprozeß (1. Bindungsebene) besteht aus insgesamt vier Stadien:

Der erste Halbprozeß beinhaltet die Nachfrage nach Elementen in zwei Stadien:

1. Aufnahme der Anregung in das System als Ganzheit, Stimulanz des Systems (Kürzel †; Kap. 3). Wir kennen diesen Vorgang als Adoption. Die Gemeinde wird gewahrt, daß das Feldland ausgedehnt werden muß, mehr produziert werden muß.
2. Abgabe der Anregung vom System als Ganzheit an die Ausführenden, also die Elemente (Kürzel ±); in den vorhandenen Betrieben wird versucht, mehr zu produzieren. Dabei werden die Individuen als Arbeitskräfte überlastet, sie produzieren über ihren Normallevel hinaus.

Eine dauerhafte Lösung ist die Überlastung nicht. Im zweiten Halbprozeß wird daher das Angebot an Elementen erhöht, gleichfalls in zwei Stadien:

3. Aufnahme der Anregung durch die Ausführenden (Kürzel ∓): Entsprechend der Mehrproduktion müssen weitere Individuen in den Arbeitsprozeß einbezogen werden.
4. Ausführung der Aufgabe und Abgabe an die nachfragende Umwelt (Kürzel =): Es wird von den zusätzlichen Arbeitskräften (evtl. in zusätzlichen Betrieben) weiteres Feldland gerodet, so daß die Nahrungsproduktion dauerhaft steigen, d.h. der Energiefluß sich erhöhen kann.

So erhält das biotische System der Gemeinde Pecos zusätzliche Nahrungsmittel. Allerdings dauert der Prozeß seine Zeit; denn zusätzliche Arbeitskräfte stehen nicht gleich zur Verfügung, sie müssen erst nachwachsen. Zur selben Zeit verändert sich die Bevölkerung, also auch die Konsumentenzahl – der Nahrungsmittelknappheit wegen – negativ, so daß zuviel Nahrungsmittel zur Verfügung stehen. Eine Verkleinerung der Nahrungsfläche ist die Folge. Dies wiederholt sich mehrfach, so daß auf Grund der jeweils verzögerten Anpassung vom ökonomischen an das biotische System und umgekehrt Schwingungen entstehen. Die Untersuchungen ergaben in Pecos eine Schwingungsdauer von durchschnittlich sechzig Jahren (Fliedner 1979; 1981). Schwingungen sind in der Tat ein wichtiges Kriterium für den Systemcharakter einer Beziehung.

Betrachten wir nun einmal genauer das erste Stadium, die Adoption, und unterstellen, daß eine Erhöhung der Systemleistung nachgefragt wird:

Wir gehen jetzt also in die 2. Bindungsebene. Prinzipiell müssen adoptierende und produzierende Elemente getrennt werden (vgl. oben), obwohl Adoption und Produktion sich in denselben Betrieben vollziehen, von denselben Personen durchgeführt werden können. Aber dies ist nicht sicher; die Betriebe, die adoptiert haben, müssen nicht auch dann die Produktion aufnehmen. Zunächst ist also die Adoption zu erhöhen. Dies geschieht dadurch, daß die nachgefragte Leistung oder die Zahl der adoptierenden Elemente erhöht wird, so daß die Wahrscheinlichkeit steigt, daß die Kontakte zu den produzierenden Elementen zunehmen. Dann kann der Prozeß weitergehen, die Produktion erhöht werden. Die Adoption erfolgt in vier Stadien (Fliedner 1984):

1. Aufnahme der intendierten Adoptions-Leistungserhöhung in den Prozeß als Ganzheit (Kürzel †). Ermittlung des Wertes durch Verknüpfung der alten und der neuen Wahrscheinlichkeit des Auftretens der adoptierenden Elemente. So erhält man ein Maß für die Stimulanzstärke oder den Informationsgehalt des Systems. Je geringer die über-

kommene Wahrscheinlichkeit, um so stärker der Anreiz zur Erhöhung der adoptierenden Elemente. Es ist dies eine logarithmische Funktion.

2. Abgabe dieser Information an die potentiell gegebenen (normalbelasteten) Elemente (Kürzel ±). Je größer die Zahl der potentiell adoptierenden Elemente, um so geringer der Anteil, der auf die einzelnen Elemente entfällt. Es ist dies eine rationale Funktion.
3. Aufnahme, d.h. tatsächliche Diffusion dieses Wertes der Adoptions-Leistungserhöhung je Element in die Menge der gegebenen Elemente (Kürzel ∓). Je höher der durchschnittliche Stimulanzwert (Informationsgehalt), um so schneller die Diffusion. Es ist dies eine exponentielle Funktion.
4. Abgabe der Information an den folgenden Prozeß, d.h. die Produktion (Kürzel =). Infolge der Erhöhung der Menge der Elemente, die die Information adoptiert haben, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, daß – unter den potentiellen produzierenden Elementen – sich auch solche befinden, die tatsächlich die Produktion aufnehmen. Dadurch wird dann die Produktion erhöht. Es ist dies eine Wahrscheinlichkeitsfunktion.

Dies alles erfolgt, wie erwähnt, in der 2. Bindungsebene. In ihr wird also der Prozeßablauf, das Nacheinander beschrieben. In der 3. Bindungsebene werden diese Stadien nochmals in vier Einzelstadien zerlegt, die die Verknüpfungen zwischen System (Unterseite) und Elementbereich (Oberseite) zum Gegenstand haben (Tab. 2). Hier steht die Hierarchie zur Sprache, denn es werden ja die Beziehungen zwischen dem Systemganzen und den Elementen erörtert. In der Gemeinde Pecos sind die Anordnungen der Ältesten, des Priesters und des weltlichen Dorf-Gouverneurs gemeint (System), durch die die Arbeiten der Bewohner (Elemente) im Hinblick auf eine Erweiterung der Nahrungsbasis reglementiert werden.

In der 4. Bindungsebene (Tab. 2) wird das Verhalten der Elemente zwischen dem Wollen des Systems (Elemente Oberseite) und ihrem Vermögen entsprechend der Ressourcensituation der energieliefernden Umwelt, also des Ökosystems (Elemente Unterseite) behandelt. Konkret: Die arbeitenden Individuen versuchen, mehr Nahrungsmittel aus dem Boden herauszuholen. Ohne zusätzliche Maßnahmen – Bodenverbesserung, Düngung – ist dies auf derselben Fläche auf Dauer nicht möglich, so daß eine Ausdehnung des Feldlandes, evtl. indem weitere Betriebe gegründet werden, angestrebt werden muß. In dieser Bindungsebene wird also die (zwei- oder dreidimensional) räumliche Expansion des Systems beschrieben. Die Ausdehnung kann radial nach außen in alle Richtungen erfolgen, wie dies in Pecos der Fall ist (vgl. oben). Die Anweisung erfolgt im Zentrum der Population. Das zeigt, daß das System zentral-peripher aufgebaut ist.

Es müssen alle Prozesse durchlaufen werden, wenn der Gesamtprozeß – im Sinne des Systems – erfolgreich sein soll, wobei jeder dieser viergliedrigen Prozesse zur übergeordneten Bindungsebene zurückführt und somit eine Schleife bildet.

Es ist also notwendig, alle Formeln zu kennen, um die Vorgänge und Strukturen simulieren zu können. Die bisherigen Arbeiten (Fliedner 1984; 1986) zeigen bereits, daß eine Reihe wohlbekannter Funktionen, die z.B. in der Informationstheorie („Transinformation“), der Populationsbiologie („Logistische Gleichung“, „Lotka-Volterra-Beziehungen“), der Wahrscheinlichkeitsrechnung („Binomialverteilung“), der Geographie („Gravitationsmodell“) und der Physik („Lorentz-Kontraktion“) eine Rolle spielen, in dem Formeltableau erscheinen.

Diese Basisformeln sind gleichsam die strukturellen Bausteine des Systems. Sie müssen zusammengefügt werden, um kompliziertere Sachverhalte zu umschreiben, z.B. multi-variable Systeme. Außerdem ist zu beachten, daß – im Detail betrachtet – jedes Element ein System für sich darstellt, wenn auch niedriger Ordnung; jedes Stadium selbst ist wiederum ein vollständiger Prozeß.

### Schluß

Die systemtheoretische Betrachtung erleichtert uns die Beantwortung der eingangs gestellten generellen Frage nach dem „Raum als Ordnung“. Dieser Raumtyp ist ganz anders zu definieren als der „Raum als Behälter“. Ordnung läßt sich nicht ohne Berücksichtigung der Verknüpfung definieren. Am geschilderten Beispiel des Systems Pecos und der es gestaltenden Prozesse ergibt sich, daß Informations- und Energiefluß die Ordnung der Elemente bestimmen. Es sind vier Raumeigenschaften zu berücksichtigen:

1. Der Raum als Ordnung wird durch eine spezifische Konsistenz bestimmt, die anders ist als die der Umgebung; er ist damit materiell begrenztbar.
2. Der Raum als Ordnung hat eine spezifische Eigendynamik und -kinetik, durchläuft einen Prozeß; er hat im Zeitablauf einen Anfang und ein Ende.
3. Der Raum als Ordnung besteht aus einer bestimmten Menge von Elementen; er ist in einer Hierarchie, also nach oben und unten begrenztbar.
4. Der Raum als Ordnung hat eine bestimmte Ausdehnung; er ist zentralperipher aufgebaut.

Diese vier Eigenschaften sind für den Raum als Ordnung charakteristisch. Setzen die Elemente – wie im vorgeführten Beispiel – eine Population zusammen, so mag man sagen, der Raum erhalte durch die Eigenschaften seinen Sinn (im Hinblick auf soziale Systeme Luhmann 1971; 1984, S. 92 f.). Sinn ist aber nur dann zu definieren, wenn man ihn vom Außen abhebt. Dies setzt voraus, daß ein so zu charakterisierender und formalisierbarer Raum nicht isoliert verstehbar ist (Kap. 2). Die Umwelt ist einzubeziehen.

Entsprechend dem Gesagten gibt es sogar vier Umwelten oder Umweltpaare:

1. Die Umwelt, aus der die Information und die Energie in das System gelangen.
2. Die dem Prozeß vor- und nachgeschalteten Umwelten.
3. Die hierarchisch über- und untergeordneten Umwelten.
4. Die das Zentrum des Raumes berührende und die außen anschließende Umwelt.

In dem in dieser Arbeit gewählten Beispiel ist das Zentrum des Raumes als Initialort der Prozesse nicht so klar erkennbar wie in einer höher differenzierten Population, z.B. einer Stadt-Umland-Population oder auch in einer Hochkultur, wie sie Schmitthener (1938/51, vgl. Kap. 1) verstanden hat. Führt man die Überlegungen fort, so gelangt man zu der Erkenntnis, daß jede Population aufgrund ihrer spezifischen Dynamik und Kinetik als ein eigener „Raum als Ordnung“ zu definieren ist. Demnach gibt es „unendlich“ viele Räume, die sich nach der Ordnung ihrer Elemente gegenüber ihren Umwelten abheben.

In jedem zu untersuchenden Raum sind Kriterien für die Typisierung der erkennbaren individuellen Prozesse, Stadien, Subsysteme und Elemente zu erarbeiten.

Damit wird ein weiteres Problemfeld angesprochen: Wir haben hier, wie eingangs ausgeführt, lediglich den normativen Aspekt behandelt, um den Raumbegriff zu erläutern; d.h. die Information führt von der Ganzheit zum Detail, vom System zum Element. Das Individuelle haben wir ausgeklammert; jedes Element im sozialen System, z.B. jedes in einem Betrieb arbeitende Individuum der Gemeinde Pecos, ist ein eigenständiges System, mit seinen eigenen Bedürfnissen und Aktivitäten. D.h. die das Individuelle formenden Prozesse führen umgekehrt vom Detail zur Ganzheit, vom Element zum System. Wenn wir aus dem Blickwinkel des Individuellen den Raum betrachten, kommen neue interessante Aspekte hinzu. In geographischem Rahmen hat dies bereits Hägerstrand (1975) mit seiner „Zeitgeographie“ versucht; was wir hier vorgetragen haben, sind in seinem Konzept die Zwänge („constraints“), die die individuellen raumzeitlichen Lebensbahnen beeinflussen und lenken.

So vollziehen sich reale Entwicklungen, letztlich Geschichte und Evolution, im Widerstreit normativer Rahmen- und individueller Detailprozesse. Der Raum ist wohl von oben her zu definieren; er gibt den Rahmen, setzt die übergeordneten Bedürfnisse fest. In ihm vollziehen sich die individuellen Aktivitäten der Elemente, die ihrerseits sich als untergeordnete Systeme beschreiben lassen.

Es kommt darauf an, den Versuch zu wagen, die Typen der räumlichen Zuordnungen und Beziehungen sowie die Erscheinungsformen der Prozeßabläufe in einer einheitlichen Theorie zu erfassen. Dies ist natürlich noch lange nicht erreicht. Vielleicht wird aber der Weg sichtbar. Das erste wichtige Ziel sollte ein Modell sein, das sich aus den 340 Gleichungen zusammensetzt. In ihm könnten an beliebiger Stelle – z.B. in individuellen Bedürfnissen begründete – „Störungen“ eingebracht werden, so daß es möglich wird, die Reaktionen zu beobachten. Auch könnten mehrere solcher Konstrukte miteinander verkoppelt werden, so daß sich der Realität angenäherte Prozeßabläufe simulieren ließen.

Der Raum als Ordnung ist also Schritt für Schritt erschließbar und formalisierbar. Hier hat die Anthropogeographie – insbesondere ihr quantitativer Forschungszeitweig – ein weites Arbeitsfeld. Ihr sind – ähnlich wie der quantitativ arbeitenden Soziologie – aufgrund der reichen Differenzierung der Sozialsysteme besonders detaillierte Einblicke in systemische und prozessuale Zusammenhänge möglich. Dies ist ein Vorzug gegenüber den „exakten“ und biologischen Wissenschaften. Andererseits ist klar, daß solche Untersuchungen nicht von Geographen allein betrieben werden können. Es ist dies ein interdisziplinärer Forschungsansatz, an den auch die Angehörigen anderer betroffenen Fachrichtungen (Kybernetik, Physik, Biologie, Soziologie, Geschichtswissenschaft u.a.) eingebunden werden sollten.

### SUMMARY

#### *Space, Time, and Environment.*

#### *A Theoretical Approach from a Human Geographic Point of View*

In geography 2 concepts of space are recognizable: Space as a container and space as order. This paper tries to interpret space as order as a system consisting of elements. The order is maintained by an information and energy flow between a superposed (demanding) environment and a subordinated (supplying) environment (vertical tension field); the order or structure is changed by a process which starts and ends (horizontal

tension field). Information and energy flow pass 4 levels in the vertical tension field. This model allows a formalization; it reduces complex structures and processes to sequences of basic relations which describe information content, flow of information or energy, transference probability, oscillations etc. It is intended to complete this model; then it should be possible to simulate and manipulate processes, for a clearer understanding of space as an ordered structure.

## LITERATUR

- Bartels, D.: Zur wissenschaftstheoretischen Grundlegung einer Geographie des Menschen. (Erkundliches Wissen, H. 19). Wiesbaden 1968.
- : Schwierigkeiten mit dem Raumbegriff. In: Beihefte z. Geographica Helvetica 29, 1974, S. 7–21.
- Bertalanffy, L. von; W. Beier und R. Laue: Biophysik des Fließgleichgewichts. 2. Aufl. Braunschweig 1977.
- Bobek, H.: Stellung und Bedeutung der Sozialgeographie. In: Erdkunde 2, 1948, S. 118–125.
- Boltzmann, L.: Vorlesungen zur Gastheorie II. Leipzig 1898. Neuaufl. Graz 1981.
- : Populäre Schriften. Leipzig 1905.
- Busch-Zantner, R.: Ordnung der anthropogeographischen Faktoren. In: Petermanns Geogr. Mitt., 83, 1937, S. 138–141.
- Christaller, W.: Die zentralen Orte in Süddeutschland. Jena 1933.
- Einstein, A.: Zur Elektrodynamik bewegter Körper. 1905. Neudr. in: Lorentz, H.A.; A. Einstein u. H. Minkowski: Das Relativitätsprinzip. 7. Aufl. Darmstadt 1974, S. 26–53.
- Ellenberg, H.: Zum Stand der Ökosystemforschung. In: Ökosystemforschung. Berlin usw. 1973, S. 1–31.
- Fliedner, D.: Geosystemforschung und menschliches Verhalten. In: Geogr. Zeitschrift, 67, 1979, S. 29–42.
- : Society in Space and Time. An Attempt to Provide a Theoretical Foundation from a Historical-Geographic Point of View. (Arb. aus d. Geogr. Inst. d. Univ. d. Saarlandes, Bd. 31). Saarbrücken 1981.
- : Umriss einer Theorie des Raumes. Eine Untersuchung aus historisch-geographischem Blickwinkel. (Arb. aus d. Geogr. Inst. d. Univ. d. Saarlandes, Bd. 34). Saarbrücken 1984.
- : Systeme und Prozesse. Gedanken zu einer Theorie. In: Philosophia Naturalis, Bd. 23, 1986, S. 139–180.
- Forrester, J.W.: Principles of Systems. Cambridge, Mass. 1968.
- Galilei, G.: Unterredung und mathematische Demonstration über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. 1638. Übers. u. hrsg. von A. von Oettingen. Neudr. Darmstadt 1973.
- Hägerstrand, T.: The Propagation of Innovation Waves. In: Lund Studies in Geography, Ser. B, 4, 1952, S. 3–19.
- Hambloch, H.: Der Mensch als Störfaktor im Geosystem. (Rhein.-Westf. Akad. d. Wissensch., Vorträge G 280). Opladen 1986.
- Hard, G.: Die Geographie. Eine wissenschaftstheoretische Einführung. Berlin/New York 1973.

- : Der Raum — einmal systemtheoretisch gesehen. In: Geographica Helvetica 1986, S. 77–83.
- Hettner, A.: Die Geographie, ihre Geschichte, ihr Wesen und ihre Methoden. Breslau 1927.
- : Der Gang der Kultur über die Erde. 2. Aufl. Berlin/Leipzig 1929.
- Jammer, M.: Das Problem des Raumes. Darmstadt 1960.
- Kidder, A.V.: Pecos, New Mexico, Archaeological Notes. (Papers of the R.S. Peabody Found. f. Archaeology, Vol. 5). 1958.
- Lorenz, K.: Vergleichende Verhaltensforschung. In: Zool. Anzeiger, Suppl. 12, 1939, S. 69–102.
- Lösch, A.: Die räumliche Ordnung der Wirtschaft. Jena 1943.
- Luhmann, N.: Sinn als Grundbegriff der Soziologie. In: Habermas, J. und N. Luhmann: Zur Theorie der Gesellschaft oder Sozialtechnologie — Was leistet die Systemforschung? Frankfurt/Main 1971, S. 25–100.
- : Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie. Frankfurt/Main 1984.
- Malinowski, B.: A Scientific Theory of Culture. Chapel Hill 1944.
- Meadows, D. et al.: Die Grenzen des Wachstums. Stuttgart 1972.
- Merton, R.K.: The Unanticipated Consequences of Purposive Social Action. In: American Social Review 1, 1936.
- Müller, P.: Arealsysteme und Biogeographie. Stuttgart 1981.
- Newton, I.: Mathematische Prinzipien der Naturlehre. 1686. Hrsg. von J. Ph. Wolfers. Neudr. Darmstadt 1963.
- Overbeck, H.: Die Entwicklung der Anthropogeographie (insbesondere in Deutschland) seit der Jahrhundertwende und ihre Bedeutung für die geschichtliche Landesforschung. In: Blätter z. dt. Landesgeschichte, 91, 1954, S. 182–244.
- Parsons, T.: Toward a General Theory of Action. In: Parsons, T. and E.A. Shils (eds.): Toward a Theory of Action. New York 1951.
- Prigogine, I.: Vom Sein zum Werden. München/Zürich 1979.
- Ratzel, F.: Politische Geographie. München/Leipzig 1897.
- Sauer, C.O.: Agricultural Origins and Dispersals. New York 1952.
- Schmithüsen, J.: Allgemeine Geosynergetik. (Lehrbuch der Allgemeinen Geographie XII). Berlin/New York 1976.
- Schmitthenner, H.: Lebensräume im Kampf der Kulturen. 1. Aufl. Leipzig 1938, 2. Aufl. Heidelberg 1951.
- Thomale, E.: Sozialgeographie. Eine disziplin-geschichtliche Untersuchung zur Entwicklung der Anthropogeographie. (Marburger Geogr. Schriften, Bd. 53). 1972.
- Uexküll, J.J. von: Umwelt und Innenwelt der Tiere. 2. Aufl. Berlin 1921.
- Waibel, L.: Das Thüniensche Gesetz und seine Bedeutung für die Landwirtschaftsgeographie. In: Waibel, L.: Probleme der Landwirtschaftsgeographie. Breslau 1933, S. 47–78.
- Wehrt, H.: Über Irreversibilität, Naturprozesse und Zeitstruktur. In: Weizsäcker, E. von (Hrsg.): Offene Systeme I. Stuttgart 1974, S. 114–199.
- : Offene Systeme und Zeitstruktur II. In: Kornwachs, K. (Hrsg.): Offenheit — Zeitlichkeit — Komplexität. Frankfurt/New York 1984, S. 414–535.
- Wirth, E.: Theoretische Geographie. Stuttgart 1979.