

RAUMPLANUNG UND NATURWISSENSCHAFTEN. DARGESTELLT AM BEISPIEL VON EMERGENZ- UND KOMPLEXITÄTSTHEORIE

Dr. Guido Leidig, Wiesbaden/Freudenberg/Straßburg

Kurzfassung

Hauptanliegen – und damit verbunden die Erkenntnis – vorausgegangener Darlegung war die Klärung der Generalfrage, ob ein Theorietransfer aus den Naturwissenschaften – hier: Emergenz- und Komplexitätstheorie – nicht nur möglich ist, sondern auch dazu beitragen kann – vor dem Hintergrund der mannigfaltigen Herausforderungen – die Effizienz der Raumplanung – aber auch die der Umweltrechtswissenschaften – zu verbessern.

Die Analyse hat gezeigt, dass ein Theorietransfer möglich ist und eine *conditio sine qua non* für die Raumplanung darstellt. Wird dies abgelehnt/verhindert, dann droht die Gefahr des Abgleitens raumplanerischer Maßnahmen auf die Ebene – wenn auch einer hohen – des Dilettantismus. Entwicklungen in der Umwelt legen es zwingend nahe, in einen konstruktiven, wissenschaftstheoretischen Anforderungen entsprechenden Dialog mit anderen Disziplinen einzutreten, um deren Erkenntnisse konzeptionell zu berücksichtigen.

Gliederung

- 1 Grundlegende Zusammenhänge
 - 2 Wissenschaftstheoretische Grundlagenaspekte
 - 3 Ausgewählte naturwissenschaftliche Theorien als Erklärungsansatz raumplanerischer Problemfelder
 - 4 Zusammenfassung und Ausblick
- Literatur

1. GRUNDLEGENDE ZUSAMMENHÄNGE

Versteht man Raumplanung¹ als einen permanenten, dynamischen Prozess von antizipativen Entscheidungen, der auf eine aktive und prospektive Ordnung, Sicherung, Gestaltung sowie Entwicklung der Umwelt – anthropogene und natürliche – ausgerichtet ist, so ist sie zwangsläufig mit der Steuerung hochkomplexer Systeme konfrontiert. Und die evolutionäre Systemtheorie zeigt, dass die Systemkomplexität im Evolutionsverlauf zunimmt.

Dies dürfte insbesondere dann der Fall sein, wenn raumplanerische Aktivitäten – auch und gerade – pars pro toto – vor dem Hintergrund der Globalisierung – nicht mehr nur auf Nationalstaaten begrenzt sein dürften, sondern transnationale Konzepte zu entwickeln haben. So führt z. B. die Globalisierung dazu, dass in bestimmten Systemen – z. B. dem Rechtssystem – hier: Raumplanungs-/Umweltrechtssystem – Phänomene der Selbstdekonstruktion auftreten. Derartige Prozesse greifen dominant in bestehende Systemstrukturen – auch in die von Regionen – ein und tragen nicht unwesentlich dazu bei, bestehende Systeme zu verändern und/oder neue entstehen zu lassen. Dies führt zu einer permanenten Zunahme von Komplexität, Emergenz und Imergenz, die in allen anthropogenen und natürlichen Systemen evident sind – u. U. basale Charakteristika derzeitiger aber insbesondere künftiger Gesellschaftssysteme sein dürften.²

Zentrale Fragen, denen sich die Raumplanung stellen muss, sind: Wie entsteht Ordnung aus Unordnung, Strukturiertes aus Unstrukturiertem, Gestaltetes aus Amorphem³, Ordnung oder Evolution am Rande des Chaos⁴ bzw. wodurch wird die Breite der Wahrscheinlichkeitsfunktion für die jeweils nächste Systemveränderung/-mutation beeinflusst? Raumplanung hat es folglich mit dem Management komplexer, nichtlinearer dynamischer Systeme zu tun, bestehend aus Netzwerken wechselwirkender Elemente.

Um über derart komplexe Phänomene neue Erkenntnisse zu gewinnen, sind in den verschiedensten Wissenschaften enorme Anstrengungen unternommen und Erfolge erzielt worden. Mit der Theorie „Dissipativer Strukturen“⁵, der Synergetik⁶ und dem Autopoiesiskonzept⁷ wurden Theorieelemente aus Physik und Biologie integriert. Fernerhin fanden Erkenntnisse der Chaosforschung Eingang in die Rechts- und Wirtschaftswissenschaften.⁸

Grundsätzlich werden Phänomene, die bei komplexen Systemen einen nicht prognostizierbaren Verlauf nehmen, mit Emergenz⁹ bezeichnet. Solche emergenten Phänomene können auch im Rahmen des Aufgabenspektrums der Raumplanung nutzbar gemacht werden. Bislang betrachtete man derartige unerwartete oder unbeabsichtigte Veränderungen von Systemen als Störungen, Dysfunktionalitäten, die es zu eliminieren oder zu verhindern galt.

Bezieht man jedoch die Erkenntnisse anderer Wissenschaftsdisziplinen, die einen neuen Zugang zu den Problemformationen liefern, in den raumplanerischen Prozess

ein, kann es gelingen, durch diesen Miteinbezug aller Faktoren, welche Systeme beeinflussen, die Qualität der Raumplanung signifikant zu verbessern. Aus diesem Grund sollen im Folgenden zwei Theorien dahingehend analysiert werden, ob sie für die Zwecke der Raumplanung/Umweltplanung Nutzen stiften können:

- Emergenztheorie
- Komplexitätstheorie.

Denn die Herausforderungen, mit denen die Steuerung ökologischer, ökonomischer, technischer, gesellschaftlicher Systeme und deren Vernetzungen konfrontiert ist, sind ihrem Charakter nach komplex und universell. Deshalb liegt die Schlussfolgerung nahe, dass ihnen nur mit Instrumentenbündeln effizient begegnet werden kann, die ihrerseits dieser Komplexität/Universalität ausreichend Rechnung tragen, um so diese Problemformationen einer Lösung zuzuführen – oder als Minimalstrategie, den Zusammenbruch von Systemen temporal zu verzögern. Jede Wissenschaftsdisziplin muss es sich gefallen lassen, daran – unter „Benchmarkingaspekten“ – messen zu lassen, in welchem Umfang sie dazu einen Beitrag leistet, globale Problematiken zu entschärfen. Der fundamentale Trugschluss des „Zwei-Kulturen-Denkens“ im Wissenschaftsraum besteht darin, aus der Existenz von Differenzen zwischen Natur- und Gesellschaftswissenschaften sowohl auf das Nichtvorhandensein von Gemeinsamkeiten als auch die Nichttransferierbarkeit von Erkenntnispotentialen zu schließen.

2. WISSENSCHAFTSTHEORETISCHE GRUNDLAGENASPEKTE

2.1 Zielsetzung

Gerade in der derzeitigen, durch schnelle Entwicklungstendenzen und abrupte Veränderungen (Chaos, Turbulenzen) charakterisierbaren Gesellschaft muss die Raumplanung, soll sie auch weiterhin Wirkung erzielen, für die Zukunft tragfähige Konzepte, Lösungen generieren, mit Diskontinuitäten umzugehen verstehen, sich auf diese einstellen, selbige analysieren und in den Planungsprozess integrieren sowie den Versuch unternehmen, diese günstig zu beeinflussen. Dazu sind neue Denkfiguren/-modelle und Planungsinstrumente notwendig.

Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass man die Interdependenzen sowohl zwischen als auch innerhalb komplexer Systeme versteht. Erst dann können entsprechende Instrumentenbündel konzipiert und implementiert werden.

Dies ist nur möglich, wenn sich die Raumplanung, die Umweltrechtswissenschaft naturwissenschaftlichen Erkenntnissen nicht verschließt, sondern einen Theorietransfer konstruktiv unterstützt. Gelingen kann dies aber nur dann, wenn die Übernahme naturwissenschaftlich relevanter Denkfiguren nicht allein – aus wissenschaftstheoretischer Sicht – assoziativ und rein metaphorisch erfolgt. Eine effiziente theoriebasierte Respezifikation innerhalb des jeweiligen Theoriekontextes kann lediglich durch eine genuin theoretische Anstrengung der betroffenen Fachdisziplin gelingen – hier Raumplanung/Umweltrechtswissenschaft.

Vorgenannte Disziplinen gilt es um neuere Erkenntnisse aus dem naturwissenschaftlichen Sektor konstruktiv anzureichern. Primär geht es bei diesem Procedere darum, bereits existente Theorieansätze, die multidisziplinäre Denkfiguren verwenden, hier vor dem Hintergrund des modelltheoretischen Kerns der Emergenz- und Komplexitätstheorie aufzugreifen und einen Rahmen zur theoretischen Harmonisierung zu entwickeln.

2.2 Fragestellung

Im Folgenden sind zwei Theorien einer dahingehenden Betrachtung zu unterziehen, ob ihr Potential ausreichend ist, um einen Beitrag zur Lösung des Problems der Raumplanung, die Steuerung und Gestaltung komplexer Systeme, zu leisten. Deshalb sollte auf folgende Fragen eine Antwort zu finden sein, wenn man zu einer der Problemstellung adäquaten Evaluation der theoretischen Ansätze gelangen will:

- Auf welche Fragen versprechen die Theorien eine Antwort zu geben? Welche Entwicklungen in Wissenschaft und Gesellschaft führten zu ihrer Entstehung?
- Was sind die Kernaussagen der Theorien? Wie können diese im Rahmen eines Theorietransfers für die Raumplanung genutzt werden?
- Gibt es Fragenkomplexe, die ungelöst bleiben? Wo entstehen möglicherweise neue Probleme?
- Ist ein Theorietransfer zwischen verschiedenen Wissenschaftssystemen möglich und unter welchen Bedingungen sinnvoll?

Dieser Beitrag hat nicht die Zielsetzung, die Theorien bis hin zur operativen Ebene herunterzurechnen, sondern soll dazu beitragen, Stimuli für weitere Forschungsaktivitäten zu geben. Es geht darum, ein „Fenster“ für weitere, interdisziplinäre Forschungsansätze zu öffnen.

Um diese Diskussion informiert vorantreiben zu können, bedarf es nicht nur selbst-reflexiver Problemorientierung, sondern auch der Darstellung von Berührungsfeldern zwischen verschiedenen Theorien. Bei aller Dringlichkeit der Abklärung epistemologischer und wissenschaftslogischer Hintergrundstrukturen, besteht die Zielsetzung folgender Darlegungen darin, Emergenz- und Komplexitätstheorie dahingehend zu evaluieren, in welchem Umfang sie der Raumplanung helfen können, konkrete Problemfelder anzugehen, die bislang eher durch historisch gewachsene oder bereits obsoletere – aber noch existente – Vorstellungsmuster blockiert wurden.

Die Ausführungen sollen es ermöglichen zu fragen, inwieweit die Übernahme, Transformation von derartigen Theorien im Hinblick auf die Raumplanung gerechtfertigt ist, um dem allgegenwärtigen Verdacht der rein metaphorischen Verwendung von Begrifflichkeiten entgegenzuwirken.

3. AUSGEWÄHLTE NATURWISSENSCHAFTLICHE THEORIEN ALS ERKLÄRUNGSANSATZ RAUMPLANERISCHER PROBLEMFELDER

3.1 Emergenztheorie und Raumplanung

3.1.1 Theoriearchitektur

3.1.1.1 Entwicklung

Die Emergenztheorie bzw. die Theorien, die unter der Bezeichnung „Britischer Emergentismus“ bekannt sind, wurden nach Hopenstein¹⁰ bzw. Stephan¹¹ von Conwy Lloyd Morgan und Samuel Alexander entwickelt; nach Capra¹² von Charles Dunbar Broad.¹³ Lloyd Morgan und Alexander sprechen im Rahmen ihrer Emergenzphilosophie von Bewusstsein als einem emergenten Phänomen, welches in der Evolution plötzlich existent ist und sich nicht aus der Kenntnis vom Aufbau organischer Materie erklären lässt. Mithin ist der Emergentismus und die daraus entstandenen Theorien traditionellerweise – von der Entwicklungsgeschichte aus betrachtet – mit der Erklärung des Auftauchens von Leben aus der unbelebten natürlichen/ökologischen Umwelt (Natur) oder der Entstehung des Geistes im Evolutionsprozess verbunden.

Im Hinblick auf die hier zu erörternde Themenstellung geht es jedoch darum, die Erkenntnisse der Emergenztheorien systemtheoretisch zu fassen und auf Elemente und

Prozesse in komplexen Systemen, die es von der Raumplanung zu steuern gilt, zu übertragen.

3.1.1.2 Begriffssystematik

Bei Popper/Eccles¹⁴ verweist Emergenz darauf, dass im Evolutionsprozess neue Dinge bzw. Ereignisse mit unerwarteten und realiter nicht prognostizierbaren Eigenschaften auftreten.

Flidner¹⁵ versteht unter Emergenz, abgeleitet von dem lateinischen Wort „emerge“, „daß aus einer Menge von Elementen eine neue Struktur hervorkommt, die aus den Elementen allein nicht erklärbar ist. In diesem Zusammenhang verbindet Emergenz den einen Systemtyp mit dem in der Skala der Komplexität nächsten Systemtyp.“ Emergenz wird somit beschrieben als das Entstehen einer höheren Ebene durch einen Prozess, der auf der unteren Ebene nicht auffindbar ist. Keine Ebene ist in der Lage, ihre Randbedingungen selbst zu kontrollieren und kann auch keine über ihr liegende Ebene von sich aus generieren.¹⁶

Emergenz ist mithin als ein eigenständiger Prozess zu verstehen, der von jenen Prozessstypen, die (komplexe) Systeme – wie Gesellschaft, Wirtschaft, natürliche Umwelt – selbst erhalten oder modifizieren, zu differenzieren ist. Da es sich hier um Prozessstypen handelt, die eine Komplexitätsebene verlassen und eine neue Ebene der Komplexität anstreben, kann man diesen Vorgang auch als „Komplexionsprozess“¹⁷ bezeichnen.¹⁸

Als Fazit der bisherigen Ausführungen kann man folgenden Befund festhalten: Emergenz von und in komplexen Systemen ist ein nicht determinierter Prozess, da allenfalls gewisse Facetten – wie etwa das Entstehen von Emergenzphänomenen – prognostizierbar sind, während andere Aspekte – wie z. B. der exakte Zeitpunkt – als Zufälligkeit zu qualifizieren ist. Emergente Eigenschaften sind demzufolge neue Qualitäten eines Systems, die nicht aus den relevanten Zustandsvektoren der Subsysteme ableitbar sind.

3.1.1.3 Theorieinhalte¹⁹

In ersten Versuchen, unterschiedliche Theorien der Emergenz zu typologisieren, zog man eine scharfe Trennungslinie zwischen

- temporalen
- logischen

Emergenztheorien. Als emergent im logischen Verständnis, „gelten solche Eigenschaften von Systemen oder Ganzheiten, die sich aus den Gesetzen, die für ihre Komponenten und deren Wechselwirkungen gelten, nicht vorhersagen lassen. (...) emergente Eigenschaften (im temporalen Sinne sind) solche, die ab einem bestimmten Zeitpunkt in einer Entwicklung in Erscheinung treten. Den Gegensatz zu einer Emergenztheorie im temporalen Sinne bildet nicht der Reduktionismus, sondern eine Präformationstheorie, die etwa darauf bestünde, alle Erscheinungen lediglich als räumliches Umarrangement von Partikeln aufzufassen.“²⁰

Eine weitere Klassifizierung folgt der Einteilung in

- diachrone
- synchrone

Theorien der Emergenz.²¹

Der diachrone Ansatz betont das Entstehen neuer Systeme mit neuen Eigenschaften und stellt die These auf, dass die Novität der entstandenen Qualitäten vom Prinzip her nicht prognostiziert werden kann.

Bei der synchronen Emergenztheorie steht – im Unterschied zur diachronen – nicht die Genese eines komplexen Systems im Focus des Interesses, sondern die Analyse von Eigenschaften und Verhaltensmustern komplexer Systeme.

Bezug nehmend auf die hier zu erörternde Problemformulation sind beide Ansätze, sowohl der dia- als auch synchrone, von Relevanz. Beide dürfen nicht – als Resultate einer konkurrierenden Differenzierung – als Gegensätze gesehen werden, sondern sie sollten je nach Frage-/Problemstellung Anwendung finden. Beide Emergenztheorien können der Raumplanung bei der Lösung von Erkenntnisproblemen wertvolle Hilfestellungen geben.

3.1.2 Anwendungsmöglichkeiten

Raumplanung hat es mit der Steuerung hochkomplexer Systeme zu tun, die sich zu Netzwerken verbinden (Vernetzungstheorien), miteinander kommunizieren, neue Systemstrukturen bilden oder Systemzusammenbrüche erzeugen (Emergenz). Emergenz führt mithin zum vorläufigen Zerfall eines erfolglosen alten und/oder neuen Systems, Emergenz zur interaktiven Integration eines erfolgreichen Systems in Netzwerkfunktionen höherer Komplexitätsstufen.

Um das z. T. heterogene Verhalten hochkomplexer Systeme, stimuliert u. a. durch Effekte der Globalisierung, für Zwecke der Raumplanung zu entwirren und verständlich zu machen, kann man Emergenztheorien nutzen: Sie stellen Instrumente bereit, Wandel in ökonomischen, sozialen, ökologischen Systemen oder die Erzeugung von Neuem in diesen erklären zu können. Deren Erkenntnispotentiale schärfen das Denken und Handeln in Zusammenhängen. Es wird so verhindert, dass man bestimmte Teile als das Ganze betrachtet und dem Trugschluss unterliegt, dass lineare Veränderungen in Subsystemen auch solche im Hinblick auf die des Gesamtsystems erwarten lassen. Die Raumplanung wird in die Lage versetzt, Emergenzfelder/-phänomene zu erkennen und im Planungsprozess zu berücksichtigen. Dies ist nur möglich, wenn man in den Planungsprozess die Analyse von Ebenen, Grenzen, Umwelten, Operationen, Netzwerken, Kontexten etc. einbezieht.

Darüber hinaus wurde im Rahmen der Raumplanung zu lange dem Ideal der einfachen/partiellen Kausalität und Gesetzmäßigkeit gefolgt. Die Analyse, Gestaltung und Steuerung von Komplexität bzw. Komplexitätsprozessen erfordert jedoch ein Umdenken im Hinblick auf dieses wissenschaftstheoretische Procedere. Wichtig für eine effiziente Raumplanung in der Zukunft ist nicht so sehr – wie bislang dominierend – die Prognose künftigen Verhaltens von Systemen – was u. U. in der Vergangenheit noch möglich war – sondern vielmehr die qualifizierte Voraussage von bestimmten Systemverhaltensmustern, -entwicklungslinien und Vernetzungstendenzen. Denn die Systemkontingenz, als die Eigenschaft eines Systems überraschend, unvorhergesehen, variabel agieren/reagieren zu können, dürfte eher zu- als abnehmen und wirkt somit dem Komplexitätsreduktionsmechanismus „Raumplanung“ entgegen – es sei denn, er integriert emergente Prozesse.

So wird die Steuerung, um nur ein Beispiel zu nennen, der Gesellschaft durch das Rechtssystem – bzw. die Gestaltung des Raums durch das Raumplanungsrecht – zunehmend problematisch und ineffektiv:

- Eigenkomplexität und interne Differenzierung von Subsystemen in der anthropogenen und natürlichen Umwelt nehmen ständig an Beschleunigung zu.
- Weltkomplexität einerseits und die Entstehung lateraler Weltsysteme andererseits führen dazu, dass immer mehr Optionen und Interdependenzen zwischen Gesellschaftssystemen – und damit auch deren Subsystemen – entstehen, die ihrerseits zu neuen Netzwerken führen können.
- Auch die Veränderung des Zeithorizonts und der operativen Perspektive in die Zukunft erhöht den Steuerungsbedarf der Raumplanung – oder die Raumplanung

übernimmt die Funktion, Probleme nicht zu lösen, sondern diese in die Zukunft zu verschieben.

Um gerade letzteres zu verhindern, was natürlich den Problemdruck auf die „künftige Gegenwart“ enorm erhöhen würde, gilt es die Erkenntnisse anderer Disziplinen, wie die der Emergenztheorie, ziel-/problemorientiert zu nutzen. Ferner geht Emergenz oft einher mit Imergenz alter Eigenschaften komplexer Systeme: Systemeigenschaften, emergiert durch einen zeitlich vorgelagerten Differenzierungsprozess, imergieren.

Imergenz bedeutet nämlich auch, dass sich z. B. ein soziales System durch Differenzierungsprozesse in Subsysteme auflösen kann. Vorgänge, die im Rahmen der Raumplanung Beachtung finden müssen.

3.2. Komplexitätstheorie²² und Raumplanung

3.2.1 Theoriearchitektur

3.2.1.1 Entwicklung

Für einige Wissenschaftler ist die Komplexitätstheorie eine basale Revolution innerhalb des Wissenschaftssystems. H. Pagels²³ führt in diesem Zusammenhang aus: „Ich bin davon überzeugt, dass die Nationen und Menschen, die die neue Komplexitätswissenschaft beherrschen werden, die wirtschaftlichen, kulturellen und politischen Supermächte des nächsten Jahrhunderts sein werden.“ Nach dem Verständnis von Kauffman²⁴ vermittelt diese Theorie „eine neue theoretische Sicht der Entstehung, der Evolution und der tiefverwurzelten Natürlichkeit des Lebens und seiner unzähligen Entfaltungsmuster.“

Bei der Komplexitätstheorie handelt es sich nicht um ein in sich geschlossenes Theoriegebäude. Komplexe dynamische Systeme und deren erkenntnistheoretische Durchdringung sind eine junge Wissenschaftsdisziplin, deren Theorienlandschaft in permanenter Bewegung ist. „Komplexitätstheorie“ ist vielmehr eine sprachliche „Hülse“, die versucht verschiedene Theorien unter einem gemeinsamen „Dach“ zu vereinigen. Das „Herzstück“ der Komplexitätstheorie ist die Chaostheorie²⁵, die sich selbst aus einer Vielzahl anderer Theorien zusammensetzt.²⁶ Systemtheorie, Kybernetik, Selbstorganisationstheorie, Ökologie, Theorie „Dissipativer Strukturen“, Autopoieseansatz, Mathematik der Komplexität.²⁷ Man versucht durch einen multidisziplinär strukturierten Theorietransfer zu einer neuen, in sich geschlossenen vollwertigen Theorie zu gelangen, die die Möglichkeit eröffnet, komplexe Phänomene

erklären zu können. Ihr Ansatz zielt von vornherein auf „Grenzüberschreitung“ ab, um das traditionell verbreitete wissenschaftliche „Reviervverhalten“, welches sich vielfach auf den Erkenntnisfortschritt auch hemmend auswirken kann, zu überwinden.

Bei der Komplexitätstheorie handelt es sich mithin um den Versuch, Denkfiguren anderer Theorien auf einer Metaebene nicht allein assoziativ und metaphorisch zu übernehmen, sondern eine epistemologisch fruchtbare Respezifikation von Einzeltheorien durch eine genuin theoretische Anstrengung zu erzielen und integrativ miteinander zu vernetzen.

3.2.1.2 Begriffssystematik

Unter Komplexität²⁸ versteht man primär ein temporales Phänomen, bei dem jede Stufe zu höherer Komplexität einen neuen Lernprozess erforderlich macht. Komplexität wird im wesentlichen determiniert durch:²⁹ die

- Anzahl der beteiligten Komponenten/Elemente
- Strukturmuster der Zusammenhänge und Wechselwirkungen (linear vs. nichtlinear)
- Vernetztheit sowie Zirkularität der Zusammenhänge (positive/negative Rückkopplungen).

Vermutlich sind die meisten Systeme der anthropogenen und natürlichen Umwelt³⁰ komplex:

- Sie setzen sich aus einer Vielzahl von Subsystemen zusammen.
- Es existieren nichtlineare Relationen resp. Beziehungsmuster.
- Es bestehen zahlreiche Rückkopplungsmuster – sowohl innerhalb als auch zwischen vorgenannten Systemen.

Darüber hinaus befinden sich selbige stets in einem Bereich zwischen Stabilität und Wandel, so dass die Regeln des Wandels auch selbst Änderungen unterworfen sind. Diese Aspekte gilt es im Rahmen der Raumplanung zu beachten. Hier kann die Komplexitätstheorie konstruktive Hilfestellungen bieten.

3.2.1.3 Theorieinhalte

Anders als der Reduktionismus versucht die Komplexitätstheorie die Multidimensionalität von Problemstrukturen zu erkennen und zu berücksichtigen. In komplexen Systemen lässt sich – z. B. durch die Raumplanung – nichts beeinflussen, ohne nicht

auch alle anderen Elemente – bzw. andere Systeme – zu tangieren. Komplexe Systeme haben demzufolge nicht Einzelprobleme, sondern interagierende Problemstellungen im Focus des erkenntnistheoretischen Interesses. Die Komplexitätstheorie versucht deshalb ein Instrumentarium zu entwickeln, welches es ermöglicht, Komplexität zu verstehen und unter Kontrolle zu bringen. Denn: Ein System mit vorgegebener Komplexität kann nur durch ein System – bspw. die Raumplanung – unter Kontrolle gebracht werden, das zumindest den gleichen Komplexitätsgrad aufweist. Deshalb würde eine Nichtbeachtung resp. Verdrängung von Komplexität im Rahmen der Raumplanung auch zu einer Verdrängung von potentiellen Lösungen führen.

Die Komplexitätstheorie, verstanden als Theorie komplexer Systeme, ist deshalb als eine neue, strukturorientierte, multidisziplinäre Wissenschaft zu qualifizieren, basierend auf der Chaostheorie, die die bislang weitgehend dominierende systemtheoretische Perspektive innovativ erweitert. Denn komplexe Systeme existieren nach Kauffman³¹ am – oder im geordneten Regime nahe dem – Rand des Chaos, weil die Evolution sie dort hin treibt. Stimmt diese These, bedarf es neuer Ansätze, um Phänomene am „Rand des Chaos“³² – wie z. B. die Aufrechterhaltung eines Gleichgewichtszustands³³ – erklären zu können („Chaos-Rand-Konzept“³⁴).

3.2.2 Anwendungsmöglichkeiten

Die Komplexitätstheorie – auch wenn sie sich derzeit noch in statu nascendi befindet – kann im Hinblick auf folgende Arbeitsfelder konstruktive Wirkungspotentiale entfalten:³⁵

- Entwicklung eines Frühwarnsystems, welches im Planungsprozess schon rechtzeitig die Erkenntnis oder Einsicht fördert, dass man es mit einer komplexen Situation bzw. einem komplexen Problemfeld zu tun hat. In diesem Fall gelten vielfach normale Regelungsmechanismen nicht mehr – sie sind entweder ineffizient oder erzeugen Dysfunktionalitäten.
- Ermittlung von Kriterien, die dazu dienen, komplexe Probleme zu identifizieren, bevor man durch raumplanerische Maßnahmen erkennt, dass man komplexe Systeme mit Instrumenten zu steuern versuchte, die lediglich für lineare, weniger komplexe geeignet sind.
- Entwicklung von Anpassungsstrategien zur Lösung von Raumordnungsproblemen kann dann sinnvoll sein, wenn man erkennt, dass manche Problemkonstellationen – mögen sie auch komplexer Natur sein – nur vorübergehend auftreten.

- Erkenntnisse der Komplexitätstheorie sind erforderlich, um mit Diskontinuitäten adäquat umzugehen.

Darüber hinaus lassen sich aus der Komplexitätstheorie bestimmte Erkenntnisse bezogen auf Interdependenzen, Attraktoren, verstanden als Strukturen, die sich durch Phasenübergänge wandeln (wobei gilt: je niedriger die Dimension des Attraktors, desto einfacher das Systemverhalten) sowie Destabilisatoren i. S. von Initiator für Veränderungen ableiten.

4. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Hauptanliegen – und damit verbunden die Erkenntnis – vorausgegangener Darlegung war die Klärung der Generalfrage, ob ein Theorietransfer aus den Naturwissenschaften – hier: Emergenz- und Komplexitätstheorie – nicht nur möglich ist, sondern auch dazu beitragen kann – vor dem Hintergrund der mannigfaltigen Herausforderungen – die Effizienz der Raumplanung – aber auch die der Umweltrechtswissenschaften³⁶ – zu verbessern.

Die Analyse hat gezeigt, dass ein Theorietransfer möglich ist und eine *conditio sine qua non* für die Raumplanung darstellt. Wird dies abgelehnt/verhindert, dann droht die Gefahr des Abgleitens raumplanerischer Maßnahmen auf die Ebene – wenn auch einer hohen – des Dilettantismus. Entwicklungen in der Umwelt legen es zwingend nahe, in einen konstruktiven, wissenschaftstheoretischen Anforderungen entsprechenden Dialog mit anderen Disziplinen einzutreten, um deren Erkenntnisse konzeptionell zu berücksichtigen.

Hilfreich wäre in diesem Zusammenhang, wenn sich einzelne Theorien oder Schulen nicht gegenseitig ignorieren bzw. Wissenschaftler ihre latent vorhandene Neigung, eigenen – u. U. monodisziplinär entstandenen – Theorien als singular zu betrachten, sondern kritisch reflektieren.

Schwierigkeiten die nicht verkannt werden dürfen, aber lösbar sind, können auftreten, wenn Theorien – insbesondere aus den Naturwissenschaften stammend – auf die Erklärung von Problemformationen Anwendung finden sollen, die nicht naturwissenschaftlichen Charakter haben. Dass dies z. B. Bezug nehmend auf die Chaostheorie – und damit auch prinzipiell bezogen auf die Emergenz-/Komplexitätstheorie – möglich ist, zeigen Forschungsergebnisse aus anderen Wissenschaften: Sie verdeutlichen, dass bspw. die Chaostheorie auch in Wissenschaftsdisziplinen wie

Theologie³⁷, Medizin³⁸, Geschichtswissenschaft³⁹, Managementtheorien⁴⁰ Beiträge zur analytischen Aufarbeitung komplexer Phänomene zu leisten in der Lage ist – und zwar durch einen interdisziplinären Theorietransfer.

Warum sollte nicht auch – mit Blick auf die Emergenz-/Komplexitätstheorie – sich die Möglichkeit eröffnen, derartige Ansätze zur Lösung raumplanungsbezogener Problemformationen nutzenstiftend anzuwenden? Dies ist gerade dann notwendig, wenn Raumplanung grenzüberschreitende Herausforderungen zu bewältigen hat. Hierdurch wird die Komplexität nicht reduziert, sondern um ein Vielfaches erhöht.

Als Fazit kann mithin festgehalten werden:

- Das „Zwei-Kulturen-Denken“ im Rahmen der Wissenschaften ist ein als obsolet zu betrachtendes Paradigma einzustufen.⁴¹ Es dient lediglich dazu, da die Einteilung in Fachdisziplinen ontologisch nicht vorgegeben ist, eine Disziplin gegen konstruktive und kritische Argumente zu immunisieren sowie (u. U. aber nicht zwingend) den Erkenntnisfortschritt zu behindern. Zielsetzung ist es vielmehr, mit der Hilfe erklärungs-fähiger Theorien zu neuen, besseren Erkenntnissen über die strukturelle Beschaffenheit der Realität zu gelangen.
- Die Beziehung zwischen Raumplanungs-/Umweltrechtswissenschaft und naturwissenschaftlichen Theorien – hier: Emergenz-/Komplexitätstheorie – ist in beide Richtungen als fruchtbar zu qualifizieren.
- Die zentrale Funktion von Wissenschaft besteht künftig in der Bereitstellung von Instrumenten zur Bewältigung komplexer Probleme, wie sie das globale Zeitalter produziert, und nicht in der gegenseitigen Pflege abgrenzenden „Revierverhalten“. Dafür sind einerseits die Wirkfaktorennetzwerke, die ebenfalls komplexer Natur sind, und die aus den Wirklichkeitszusammenhängen andererseits resultierenden Probleme für die Zukunftssicherung unserer anthropogenen und natürlichen Umwelt von zu dringender und fundamentaler Evidenz.

Nur eine Raumplanung, angereichert durch Erkenntnisse anderer Disziplinen, ist befähigt, das komplexe Aufgabenspektrum von Regionen angemessen zu lösen resp. kritische Entwicklungen zu entschärfen.

„Wissenschaftliche Wahrheit kann nicht zweckbezogen und egoistisch sein, die Suche nach ihr ist es jedoch immer.“⁴² Und Goodwin⁴³ führt in diesem Kontext treffend aus: „Schließlich geht es in der Wissenschaft niemals darum, für immer Recht zu behalten, da sich früher oder später alle Tatsachen und Theorien ... ändern. Das ist der dialektische Prozess des Verstehens.“ Doch im Rahmen der Wissenschaft besteht jederzeit die potentielle Gefahr, „daß eine bestimmte Weise, Dinge zu sehen, zu einer

Verengung des Gesichtsfeldes führt – zu dem Irrglauben, sie könne alles erklären; zur Unfähigkeit, die Grenzen der Methode zu erkennen, und zur Abneigung, andere Möglichkeiten in Betracht zu ziehen.“⁴⁴

Vorangegangene Darlegungen sollten einen Beitrag dazu leisten,

- derartigen Irrglauben
- derartige Unfähigkeiten
- derartige Abneigungen

abzubauen, um das Methodenspektrum der Raumplanung/Umweltrechtswissenschaft konstruktiv zu erweitern.⁴⁵

Verkennen soll man in diesem Zusammenhang jedoch nicht, dass wissenschaftliche Objektivität im Sinne der „Orientierung an der Idee einer Wahrheit, die in der Übereinstimmung mit der Wirklichkeit besteht .. unmöglich (ist), weil schon diese Idee der Wahrheit sich nicht widerspruchsfrei formulieren lässt. Daraus folgt aber nicht, daß Objektivität überhaupt nicht möglich und Parteilichkeit deshalb unvermeidbar wäre.“⁴⁶

Folgt man dem zentralen Credo des kritischen Rationalismus⁴⁷, wonach eine Theorie nicht bewiesen werden muss, aber an der Erfahrung scheitern kann, dann besteht die Möglichkeit, diesen Grundsatz – mutatis mutandis – auch auf die Effizienz eines Theorietransfers multidisziplinärer Forschungsaktivitäten zu übertragen. Die intellektuelle Redlichkeit – im Sinne von Lakatos⁴⁸ – bestünde dann darin, jene Rahmenbedingungen exakt festzulegen, unter denen man gewillt ist, die eigene Position aufzugeben⁴⁹ – hier: im Hinblick auf multidisziplinär induzierten Theorietransfer.⁵⁰

ANMERKUNGEN

1 Hierzu s. Leidig 1983, S. 32 ff. (35).

2 Vgl. Bühl 1997, pass.; Bell 1975; Willke 1996, pass.; Leidig 2000, S. 241 ff.; Gross 1994, pass. „Die Gesellschaft ist zu komplex, als daß man sie beliebig ändern könnte. Daß man sich das einbildet, liegt daran, daß man sich an den Revolutionen beim Übergang von der traditionellen zur modernen Gesellschaft orientiert und glaubt, man könne die moderne Gesellschaft behandeln wie die traditionelle. Leider ist aber die moderne ganz anders als die traditionelle Gesellschaft. So wirft man alles durcheinander, verwechselt beide Gesellschaftstypen, interpretiert die mo-

derne Gesellschaft in den Begriffen der alten und versteht sich selbst nicht.“ Schwanitz 1999, S. 376. Soll die Raumplanung effiziente Lösungskonzepte erarbeiten, muss sie genau diese Fehlleistungen vermeiden. Sie muss die Entwicklungstrends von derzeitigen und künftigen Gesellschaftssystemen rechtzeitig erkennen; ansonsten besteht die Gefahr, dass dysfunktionale Lösungskonzepte entstehen. Zum Verhältnis Mensch vs. Natur aus Sicht der Geschichtswissenschaft s. Radkau 2000, pass., da auch Veränderungen in Ökosystemen Rückwirkungen auf komplexe anthropogene Systeme haben; vgl. dazu Kreeb 1979, S. 8 ff. Verbeek 1998; Beck 1959, S. 475 ff.; Leidig 1985, S. 2 ff. m. w. N. Zu ethischen Aspekten in diesem Zusammenhang Cvek 2000, S. 5 ff.; Spademan 2000, S. 19 ff.; bzgl. des Ansatzes der „Deep Ecology“ s. Fox 1984, S. 194 ff.; Kainz 1973, S. 516 ff.; Bennett/Sylvan 1988, S. 148 ff.; Drengson 1987, S. 223 ff.

3 Siehe a. Fliedner 1999, S. 9.

4 Vgl. Goodwin 1997, S. 275 ff.; Kauffman 1996, S. 140; Goodwin 1997, S. 276 f. führt in diesem Kontext aus: „Das Leben existiert am Rande des Chaos, indem es, beständig auf der Suche nach emergenter Ordnung, zwischen Chaos und Ordnung pendelt. ... Für komplexe nichtlineare dynamische Systeme aus großen Netzwerken wechselwirkender Elemente gibt es einen Attraktor, der zwischen einer Region chaotischen Verhaltens und einer im geordneten Regime 'eingefrorenen' Region liegt, in der kaum Spontanaktivität auftritt. Jedes derartige System, sei es ein noch nicht ausgereifter Organismus, ein Gehirn, eine Insektenkolonie oder ein Ökosystem, konvergieren gegen den Chaosrand. Wenn es ins chaotische Regime abdriftet, kommt es von selbst wieder heraus; wenn es sich allzuweit ins geordnete Regime vorwagt und darin erstarrt, 'taut' es von selbst wieder 'auf', um die dynamische Agilität zurückzugewinnen, die sich durch hohe, aber labile Ordnung auszeichnet.“

5 Vgl. Prigogine/Stengers 1981, pass.; ergänzend Capra 1996, S. 203 ff.; Cramer 1989, S. 35 ff.; Leidig 2000a, S. 83.

6 Haken 1983, pass.; Haken 1996, S. 587 ff. Die Synergetik kann als ein interdisziplinär orientierter Forschungsansatz betrachtet werden, der die Zielsetzung verfolgt, nach Phasenübergänge die spontane Entstehung von Strukturen/Strukturmustern bei nichtlinearen, dissipativen und komplexen Systemen zu verstehen/erklären. Die Synergetiktheorie basiert auf einer rein mathematischen Theorie und ist deshalb geeignet, auf viele andere Bereiche transferierbar zu sein. Zum Verhältnis „Synergetik“ und „Emergentismus“ vgl. Stephan 1999, S. 232 ff.

7 Dazu s. grundlegend Maturana/Varela 1980, pass. sowie Beyerle 1994, pass.; Hofkirchner 1998, S. 69 ff.; Capra 1996, S. 222 ff.; Leidig 2000a, S. 84; zur Systemtheorie zusammenfassend Lenk 2000, S. 1006 ff.

8 Vgl. Leidig 1997, S. 127 ff.; Leidig 2000b, S. 59 ff.; Feichtinger/Kopel 1994, S. 7 ff.; Kopel 1996, S. 487; Pinkwart 1992, pass.; Marcell 1995, S. 7 ff. Zu Ansätzen der Katastrophentheorie s. Arnold 1992; Saunders 1986; Thom 1977, S. 26 ff. Von zentraler Relevanz sind nicht nur die möglichen Übergänge in die Unordnung, sondern auch sich bildende Ordnungszustände („Chaostheorie“ ist in diesem Sinne auch „Ordnungstheorie“), die – vielmals spontan – aus dem deterministischen Chaos (gemeint sind hiermit Zustände, die zwar Naturgesetzen gehorchen, aber nicht prognostizierbar sind) entstehen. Während dieses Prozesses verwandelt sich Komplexität in Einfachheit: das vibrierende Chaos produziert Strukturen-Übergänge, die man mit dem Terminus „Antichaos“ umschreibt. Die Chaostheorie analysiert mithin komplexe, nichtlineare, dynamische Systeme, wobei grundsätzlich zwei Prozess-typen auftreten können: aus „Ordnung“ entsteht „Chaos“ und vom „Chaos“ zur „Ordnung“ (Antichaos); vgl. hierzu Cohen/Stuart 1997, pass.; Kauffman 1991, S. 64 ff.; Kauffman 2001, pass.; ergänzend Peat 1992; Briggs/Peat 1993. Das Wort „Chaos“ wurde wohl zuerst – eher zufällig – von Li/Yorke 1975, S. 985 ff. in die Mathematik und damit in den wissenschaftlichen Raum eingeführt. Pietschmann 1994, S. 121 merkt kritisch an: „Ich halte diesen Begriff (Ordnung) im Zusammenhang mit der Chaos-Theorie für irreführend, weil er etwas vertauscht, was es nur im Bereich menschlichen Zusammenlebens gibt: nämlich die Zustimmung der Betroffenen. ... Ich schlage daher vor, im Zusammenhang mit Chaos-Theorie den Begriff 'Ordnung' überhaupt zu streichen und an seine Stelle das Wort 'Regelmäßigkeit' zu setzen. Es wird dann viel deutlicher, wo die Begriffe vernünftigerweise angewendet werden können und wo nicht. ... Ordnung (kommt) durch die Zustimmung der Betroffenen zustande; entweder durch freiwillige oder auch durch erzwungene, jedenfalls aber nicht durch Naturgesetzlichkeiten.“

- 9 Statt vieler Fliedner 1999, S. 12. Der Emergenzbegriff lässt sich per Analogieschluss auch auf Phänomene der Gesellschafts-/Geisteswissenschaften übertragen.
- 10 1982, S. 90 ff.
- 11 1999, S. 3 ff. m. w. N.
- 12 1996, S. 42.
- 13 Einen guten Überblick bezogen auf die historische Entwicklung gibt Stephan 1999, S. 3 f. m. w. N.
- 14 2000, pass.
- 15 1999, S. 12.
- 16 Dazu Polanyi 1985, S. 46; weiterführend Krohn/Küppers (Hrsg.) 1992, pass. m. w. N.
- 17 Fliedner 1999, S. 12.
- 18 In diesem Zusammenhang vgl. auch Hejl 1992, S. 269 ff.
- 19 Grundlegend Stephan 1999, S. 66 ff. m. w. N.; Stephan 1992, S. 25 ff.; Stephan 2001, pass.; Sellars 1933, S. 309 ff.; Pepper 1926, S. 241 ff. sowie Völcker 1998, pass.
- 20 Carrier/Mittelstraß 1989, S. 127 zit. n. Stephan 1999, S. 72.
- 21 Ausführlich Stephan 1999, S. 66 ff., wo auch auf die entsprechenden Differenzierungen näher eingegangen wird. Ergänzend sei in diesem Kontext auch verwiesen auf die Supervenienztheorie (s. Kim 1998), deren Grundidee sich dahingehend beschreiben lässt, dass eine funktionale Abhängigkeit zwischen den supervenienten (makroskopischen) und den subvenienten (mikroskopischen) Variablen existent ist sowie die Token-Theorie resp. Tokenidentitätstheorien und die Typenidentitätstheorie. Diesen Theorien ist neben ihrer monistischen Ontologie der Minimalkonsens gemeinsam, dass die Modifikation eines phänomenalen Zustands nur dann möglich ist, wenn zugleich eine Veränderung in der physikalischen Welt erfolgt; hierzu s. a. Roth/Schwegler/Stadler/Haynes 2002, pass.
- 22 Grundlegend s. Kauffman 1996, pass.; Lewin 1993; Waldrop 1992; Waldrop 1993; Nicolis/Prigogine 1987; Pagels 1988; Reischuk 1990; Mainzer (Hrsg.) 1999 sowie Weimar/Leidig 2002, pass. Nach Goodwin 1997, S. 13 hat „... der weitverbreitete Einsatz von Computern zur Erforschung des dynamischen Potentials wechselwirkender informationsverarbeitender Systeme ... eine neue Theorie dynamischer Systeme hervorgebracht, die unter dem Oberbegriff der Komplexitätswissenschaften zusammengefaßt wird, aus denen sich wiederum bedeutende neue Forschungsgebiete wie etwa die künstliche Erzeugung von Leben entwickelt haben.“ Zu den letzten Aspekten s. zusammenfassend Leidig 1999, S. 43 ff. m. w. N.; Levy 1993, pass.
- 23 Zit. n. Lewin 1993, S. 22.
- 24 1996, S. 16.
- 25 Statt vieler Cramer 1989; Peat 1992; Briggs/Peat 1993; Davies 1988; Leidig 1995, pass. m. w. N.; Loistl/Betz 1996; Kinnebrock 1999.
- 26 Vgl. Leidig 2000a, S. 79 ff. m. w. N.

- 27 Weitere Wurzeln der Komplexitätstheorie finden sich auch in der Rekursionstheorie, wo man sich mit Fragenkomplexen befasst, welche Probleme überhaupt algorithmisch lösbar sind. Fernerhin unternimmt man den Versuch, unlösbare Probleme zu typologisieren. Insofern bestehen auch enge Vernetzungen zur Mathematik, der Theoretischen Informatik und den Computerwissenschaften. Auf diese Entwicklungspfade wird jedoch nicht näher eingegangen; vgl. dazu Paul 1978; Arslanov/Lempp (Hrsg.) 1999, pass. Ergänzend sei auch auf Ansätze der Zeittheorie (aprioristische, empirische) hingewiesen; statt vieler Cramer 1993; Prigogine/Stengers 1993, pass. sowie weiterführend Sandbothe 1998; Bollnow 1972; Dux 1989; Fraser 1972; Koselleck 1989; Kümmerl 1962; Wendorff 1985.
- 28 Siehe a. Fliedner 1999, S. 12; Holzkämpfer 1996, S. 119 ff.; Jochum 2001, pass.; Withauer 2000, S. 10; Luhmann 1980, Sp. 1064 ff. Luhmann definiert Komplexität auf zwei verschiedene Weisen: Zum einen geht er den Weg über die Anzahl der Elemente und zum anderen über die Anzahl der Möglichkeiten, Folgeelemente auszuwählen. Beide Definitionselemente sind ineinander verwoben.
- 29 Differenzieren kann man in: sachliche, soziale, zeitliche, operative Komplexität. Ferner gilt es zu prüfen, ob Komplexität u. U. nur systemrelativ definierbar ist.
- 30 Zur Strukturierung s. Leidig 1984, S. 61.
- 31 1996, S. 140.
- 32 Lewin 1993, S. 26 weist darauf hin, dass die Konnotation von „Chaos“ und „Komplexität“ nicht miteinander zu verwechseln sind. Zur Etymologie des Begriffs „Chaos“ vgl. Pfeifer (Ltg.) 1997, S. 190. Die derzeit herrschende Bedeutung geht auf Vorstellungen der griechischen Kosmogonie (z. B. Hesiod und Platon) zurück; hierzu Hirschberger o. J., S. 15, 72 ff.; Kranz o. J., S. 14; weitere Ansätze zur Kosmogonie finden sich bei Anaxagoras; statt vieler Störig 1985, S. 143; Hirschberger o. J., S. 47 ff.
- 33 Vgl. Kauffman 1996, S. 133 ff.
- 34 Dazu Kauffman 1996, S. 49.
- 35 Vgl. ergänzend Leidig 1995, S. 22 ff.; Leidig 2000a, S. 93 f.
- 36 So ist die Forschungsrichtung der „Jüneburger Schule des Umweltrechts“ interdisziplinär; grundlegend Brandt 2000, S. 49 ff.; ergänzend auch Daschkeit 1998, S. 51 ff.; Deppert/Theobald 1998, S. 75 ff.
- 37 Vgl. Singe 2000, pass.
- 38 Hierzu s. Toifl (Hrsg.) 1999, pass.
- 39 Vgl. Mußmann 1998.
- 40 Statt vieler Flämig 1998.
- 41 Zum Transfer von neurowissenschaftlichen Erkenntnissen in die Rechtswissenschaft vgl. Weimar 2000, S. 39 ff.; ergänzend s. a. Pauen/Roth 2001, pass. Zu prüfen ist, ob nicht Erkenntnisse der Neurowissenschaften auch in den Wirtschaftswissenschaften Anwendung finden könnten (Neuroeconomics); zu ersten Ansätzen s. Lambertz/Grzenia/Langhorst 2000, S. 959 ff.; Stänznier 2000, S. 983 ff. Max Planck führte schon 1937 treffend aus: „Die exakte Methodik, deren sich die Naturwissenschaft bedient, hat sich in jahrhundertelanger Arbeit so ausnehmend fruchtbar erwiesen, daß die naturwissenschaftliche Forschung heute sich auch an weniger anschauliche Probleme heranwagt, daß sie auch solche der Psychologie, der Erkenntnislehre, ja sogar der allgemeinen Weltanschauung mit Erfolg in Angriff nimmt und von ihrem Standpunkt aus einer eindringlichen Behandlung unterwirft. Man darf wohl sagen,

daß es gegenwärtig keine noch so abstrakte Frage der menschlichen Natur gibt, die nicht in irgendeiner Beziehung stünde zu einem naturwissenschaftlich faßbaren Problem.“ Planck 1958, zit. n. Pietschmann 1994, S. 87.

42 Holzkämpfer 1996, S. 329.

43 1997, S. 54.

44 Goodwin 1997, S. 23.

45 Vgl. auch Barrow 1998, pass.

46 Keuth 1978, S. 197.

47 Vgl. Popper 1994, pass.

48 1982, pass.

49 Lakatos verwirft den „naiven Falsifikationismus“ i. S. Poppers; eine Theorie kann nach Auffassung von Lakatos nur dann als falsifiziert angesehen werden, wenn eine alternative – bessere – Theorie existiert. Der „hochentwickelte Falsifikationismus“ von Lakatos besagt, dass Theorien – und dies dürfte auch für solche gelten, die durch multidisziplinäre Transferleistungen entstehen – nie isoliert, sondern vielmehr nur als Teil umfassender Theoriensysteme/Methodenregeln (Forschungsprogramme) zu beurteilen sind.

50 Dazu s. a. Leidig 1995, S. 28 ff. sowie ergänzend Leidig 2002, S. 361 ff.; Leidig 2002a, pass.

Literatur

- V. I. Arnold: *Catastrophe Theory*, 3. Aufl., Berlin u. a. 1992.
- M. M. Arslanov/St. Lempp (Hrsg.): *Recursion Theory and Complexity*, Berlin 1999.
- J. D. Barrow: *Impossibility. The Limits of Science and the Science of Limits*, Oxford 1998.
- A. Beck: *Some Aspects of the History of Anti-Pollution Legislation in England, 1819–1954*. In: *Journal of the History of Medicine and of Allied Sciences* 1959, Vol. XIV, No. 4, S. 475 ff.
- A. Beckermann/H. Flohr/J. Kim (Hrsg.): *Emergence or Reduction?*, Berlin – New York 1992.
- D. Bell: *Die nachindustrielle Gesellschaft*, Frankfurt/M. – New York 1975.
- D. Bennett/R. Sylvan: *Taoism and Deep Ecology*. In: *The Ecologist* 1988, Vol. 18, Nos. 4/5, S. 148 ff.
- M. Beyerle: *Staatstheorie und Autopoiesis*, Frankfurt/M. u. a. 1994.
- O. F. Bollnow: *Das Verhältnis zur Zeit*, Heidelberg 1972.

- Ch. Bosshardt (Hrsg.): *Problembereiche interdisziplinärer Forschung*, Bern u. a. 2000.
- E. Brandt: *Interdisziplinarität in den Umweltwissenschaften*. In: Brandt (Hrsg.), 2000, S. 49 ff.
- E. Brandt (Hrsg.): *Perspektiven der Umweltwissenschaften*, Baden-Baden 2000.
- J. Briggs/F. D. Peat: *Die Entdeckung des Chaos*, München 1993.
- A. Bühl: *Die virtuelle Gesellschaft*, Opladen u. a. 1997.
- F. Capra: *Lebensnetze*, Bern u. a. 1996.
- M. Carrier/J. Mittelstraß: *Geist, Gehirn, Verhalten*, Berlin – New York 1989.
- J. Cohen/I. Stuart: *Chaos – Antichaos. Ein Ausblick auf die Wissenschaft des 21. Jahrhunderts*, Berlin 1997.
- F. Cramer: *Chaos und Ordnung*, 3. Aufl., Stuttgart 1989.
- F. Cramer: *Der Zeitbaum. Grundlegung einer allgemeinen Zeittheorie*, Frankfurt/M. – Leipzig 1993.
- P. P. Cvek: *Thomas Aquinas, Natural Law, and Environmental Ethics*. In: *Vera Lex* 2000, New Series Vol. 1, Nr. 1/2, S. 5 ff.
- A. Daschkeit: *Umweltforschung interdisziplinär – notwendig, aber unmöglich?*. In: *Daschkeit/Schröder* (Hrsg.), 1998, S. 51 ff.
- A. Daschkeit/W. Schröder (Hrsg.): *Umweltforschung quergedacht*, Berlin u. a. 1998.
- P. Davies: *Prinzip Chaos*, 3. Aufl., Stuttgart 1988.
- W. Deppert/W. Theobald: *Eine Wissenschaftstheorie der Interdisziplinarität*. In: *Daschkeit/Schröder* (Hrsg.), 1998, S. 75 ff.
- R. W. Dixon-Gough (Ed.): *Land Reform and Sustainable Development*, Aldershot u. a. 1999.
- A. Drengson: *A Critique of Deep Ecology*, in: *Journal of Applied Philosophy* 4 (1987), S. 223 ff.
- G. Dux: *Die Zeit in der Geschichte. Ihre Entwicklung vom Mythos zur Weltzeit*, Frankfurt/M. 1989.
- G. Feichtinger/M. Kopel: *Nichtlineare dynamische Systeme und Chaos: Neue Impulse für die Betriebswirtschaftslehre?* In: *ZfB* 1994, H. 1, S. 7 ff.
- N. Fenzl/W. Hofkirchner/G. Stockinger (Hrsg.): *Information und Selbstorganisation. Annäherungen an eine vereinheitlichte Theorie der Information*, Innsbruck 1998.
- M. Flämig: *Naturwissenschaftliche Weltbilder in Managementtheorien. Chaostheorie, Selbstorganisation, Autopoiesis*, Frankfurt/M. – New York 1998.

- D. Fliedner: *Komplexität und Emergenz in Gesellschaft und Natur*, Frankfurt/M. u. a. 1999.
- W. Fox: *Deep Ecology: A New Philosophy of our Time?* In: *The Ecologist* 1984, Vol. 14, Nos. 5/6, S. 194 ff.
- J. T. Fraser: *The Study of Time*, Berlin u. a. 1972.
- B. Goodwin: *Der Leopard, der seine Flecken verliert. Evolution und Komplexität*, München – Zürich 1997.
- E. Grochla (Hrsg.): *Handwörterbuch der Organisation*, 2. Aufl., Stuttgart 1980.
- P. Gross: *Die Multioptionengesellschaft*, Frankfurt/M. 1994.
- H. Haken (Hrsg.): *Synergetics: A Workshop*, Berlin u. a. 1977.
- H. Haken: *Advanced Synergetics. Instability Hierarchies of Self-Organising Systems and Devices*, Berlin u. a. 1983.
- H. Haken: *Synergetik und Sozialwissenschaften*. In: *Ethik und Sozialwissenschaften* 7 (1996), S. 587 ff.
- P. M. Hejl: *Selbstorganisation und Emergenz in sozialen Systemen*. In: Krohn/Küppers (Hrsg.), 1992, S. 269 ff.
- J. Hirschberger: *Geschichte der Philosophie*, Bd. I, Altertum und Mittelalter, Freiburg i. Br. o. J.
- W. Hofkirchner: *Information und Selbstorganisation – Zwei Seiten einer Medaille*, in: Fenzl/Hofkirchner/Stockinger (Hrsg.), 1998, S. 69 ff.
- E. Holenstein: *Gehirn und Geist. Zur Renaissance von Bewusstseinstheorien*. In: *Philosophische Rundschau* 29 (1982), S. 90 ff.
- H. Holzkämpfer: *Management von Singularitäten und Chaos*, Wiesbaden 1996.
- V. Jäggi/U. Mäder/K. Windisch (Hrsg.): *Entwicklung, Recht, Sozialer Wandel. Festschrift für Paul Trappe zum 70. Geburtstag*, Bern u. a. 2002.
- R. Jochum: *Die Philosophie der Komplexität. Neuere Ansätze*. In: www.adis.at/arlt/institut/trans/4Nr/jochum.htm (ausgedruckt: 22.02.2001).
- H. Kainz: *Philosophy and Ecology*. In: *The New Scholasticism* 1973, Vol. XLVII, Nr. 4, S. 516 ff.
- S. Kauffman: *Antichaos and Adaptation*. In: *Scientific American* 1991, Vol. 265, No. 2, S. 64 ff.
- S. Kauffman: *Der Öltropfen im Wasser. Chaos, Komplexität, Selbstorganisation in Natur und Gesellschaft*, München – Zürich 1996.
- S. Kauffman: *Antichaos and Adaptation*, in: <http://www.sciam.com/explorations/062496kauffman.html> (ausgedruckt: 11.03.2001).

- H. Keuth: *Realität und Wahrheit. Zur Kritik des kritischen Rationalismus*, Tübingen 1978.
- J. Kim: *Philosophie des Geistes*, Wien u. a. 1998.
- W. Kinnebrock: *Bedeutende Theorien des 20. Jahrhunderts*, München – Wien 1999.
- M. Kopel: *Kontrolliertes Chaos: Ein Ausweg aus der Unternehmenskrise*. In: *ZfB* 1996, H. 4, S. 487 ff.
- R. Koselleck: *Vergangene Zukunft. Zur Semantik geschichtlicher Zeiten*, Frankfurt/M. 1989.
- W. Kranz: *Die Griechische Philosophie*, Bremen o. J.
- K. H. Kreeb: *Ökologie und menschliche Umwelt*, Stuttgart – New York 1979.
- W. Krohn/G. Küppers (Hrsg.): *Emergenz. Die Entstehung von Ordnung, Organisation und Bedeutung*, Frankfurt/M. 1992.
- F. Kümmerl: *Über den Begriff der Zeit*, Tübingen 1962.
- I. Lakatos: *Die Methodologie der wissenschaftlichen Forschungsprogramme*, Braunschweig – Wiesbaden 1982.
- M. Lambertz/K.-H. Grzenia/P. Langhorst: *Prinzipien dynamischer Organisation – Netzwerke in Neurophysiologie und Betriebswirtschaft*. In: *ZfB* 2000, H. 9, S. 959 ff.
- G. Leidig: *Raumplanung als Umweltschutz*, Frankfurt/M. u. a. 1983.
- G. Leidig: *Ökologisch-ökonomische Rechtswissenschaft*, Frankfurt/M. u. a. 1985.
- G. Leidig: *Chaosforschung und Umweltschutz*, Basel 1995.
- G. Leidig: *Rechtsökologische Forschung und Chaostheorie. Möglichkeiten und Grenzen einer multidisziplinären Wissenschaft im Rahmen der Rechtstheorie*. In: *ZÖR* 52 (1997), S. 127 ff.
- G. Leidig: *Ecological land development and multidisciplinary research*. In: Dixon-Gough (Ed.), 1999, S. 43 ff.
- G. Leidig: *Sustainable Development – Umwelt-Management-System der Zukunft? Möglichkeiten und Grenzen des Nachhaltigkeitsansatzes*. In: Neuhöfer/Jäggi-Torra (Hrsg.), 2000, S. 239 ff.
- G. Leidig: *Chaostheorie und Zukunftsherausforderungen. Theorieentstehung – Wissenschaftskonzeption – Anwendungsfelder*. In: Bosshardt (Hrsg.), 2000a, S. 77 ff.

- G. Leidig: *Natural Environment, Natural Law and Natural Sciences – Aspects of a Multidisciplinary Approach*. In: *Vera Lex 2000b, New Series Vol. 1*, Nr. 1/2, S. 59 ff.
- G. Leidig: *Wissenschaftsevolution und Multidisziplinarität – Ansatzpunkte zur Fundierung einer Multidisziplinforschung im rechtsökologischen Bereich*. In: *Jäggi/Mäder/Windisch (Hrsg.)*, 2002, S. 361 ff.
- G. Leidig: *Komplexe Systeme und Unternehmensführung. Naturwissenschaften ante portas Betriebswirtschaftslehre?* In: *Leidig/Mayer (Hrsg.)*, 2002a, S. 121 ff.
- G. Leidig/Th. Mayer (Hrsg.): *Betriebswirtschaft und Mediengesellschaft im Wandel. Festschrift für Diethelm Schmidt und Lorenz Rottland*, Wiesbaden 2002.
- K. Lenk: *Methodenfragen der politischen Theorie*. In: *Lieber (Hrsg.)*, 2000, S. 991 ff.
- S. Levy: *KL – Künstliches Leben aus dem Computer*, München 1993.
- R. Lewin: *Die Komplexitätstheorie. Wissenschaft nach der Chaosforschung*, Hamburg 1993.
- T. Y. Li/J. A. Yorke: *Period Three Implies Chaos*. In: *American Mathematical Monthly* 82 (1975), S. 985 ff.
- H. J. Lieber (Hrsg.): *Politische Theorien von der Antike bis zur Gegenwart*, Wiesbaden 2000.
- O. Loistl/I. Betz: *Chaostheorie*, 3. Aufl., München – Wien 1996.
- N. Luhmann: *Komplexität*. In: *Grochla (Hrsg.)*, 1980, Sp. 1064 ff.
- K. Mainzer (Hrsg.): *Komplexe Systeme und nichtlineare Dynamik in Natur und Gesellschaft*, Berlin u. a. 1999.
- I. Marcil: *Les implications épistémologiques des théories du chaos pour l'hypothèse des anticipations rationnelles (Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en économie, Université du Québec à Montréal) Montréal 1995*, ausgedruckt in: www.irec.net/publications/79.pdf (ausgedruckt: 16.03.2001).
- H. Maturana/F. Varela: *Autopoiesis and Cognition*, Dordrecht 1980.
- O. Mussmann: *Selbstorganisation und Chaostheorie in der Geschichtswissenschaft*, Leipzig 1998.
- H. Neuhofer/V. Jäggi-Torra (Hrsg.): *Aktuelle Probleme der Stadt- und Landplanung*, Bern u. a. 2000.

- G. Nicolis/I. Prigogine: *Die Erforschung des Komplexen. Auf dem Weg zu einem neuen Verständnis der Naturwissenschaften*, München – Zürich 1987.
- H. R. Pagels: *The Dreams of Reason: The Computer and the Rise of the Sciences of Complexity*, New York 1988.
- M. Pauen/G. Roth: *Neurowissenschaften und Philosophie*, München 2001.
- W. J. Paul: *Komplexitätstheorie*, Stuttgart u. a. 1978.
- F. D. Peat: *Der Stein der Weisen. Chaos und verborgene Weltordnung*, Hamburg 1992.
- S. C. Pepper: *Emergence*, in: *The Journal of Philosophy* 23 (1926), S. 241 ff.
- W. Pfeifer (Ltg.): *Etymologisches Wörterbuch des Deutschen*, 2. Aufl., München 1997.
- H. Pietschmann: *Die Spitze des Eisbergs. Von dem Verhältnis zwischen Realität und Wirklichkeit*, Stuttgart – Wien 1994.
- A. Pinkwart: *Chaos und Unternehmenskrise*, Wiesbaden 1992.
- M. Planck: *Religion und Naturwissenschaft*, Leipzig 1958.
- M. Polanyi: *Implizites Wissen*, Frankfurt/M. 1985.
- K. R. Popper: *Logik der Forschung*, 10. Aufl., Tübingen 1994.
- K. R. Popper/J. C. Eccles: *Das Ich und sein Gehirn*, München – Zürich 2000.
- I. Prigogine/I. Stengers: *Dialog mit der Natur*, München – Zürich 1981.
- I. Prigogine/I. Stengers: *Das Paradox der Zeit. Zeit, Chaos und Quanten*, München – Zürich 1993.
- J. Radkau: *Natur und Macht. Eine Weltgeschichte der Umwelt*, München 2000.
- R. Reischuk: *Einführung in die Komplexitätstheorie*, Stuttgart 1990.
- G. Roth/H. Schwegler/M. Stadler/J.-D. Haynes: *Die funktionale Rolle des bewußt Erlebten*. In: www_neuro.physik.uni-bremen.de/~schwegler/Gestalt.html (ausgedruckt: 11.01.2002).
- M. Sandbothe: *Die Verzeitlichung der Zeit. Grundtendenzen der modernen Zeitdebatte in Philosophie und Wissenschaft*, Darmstadt 1998.
- P. T. Saunders: *Katastrophentheorie. Eine Einführung für Naturwissenschaftler*, Braunschweig 1986.
- D. Schwanitz: *Bildung*, Frankfurt/M. 1999.
- R. W. Sellars: *L'Hypothèse de L'Emergence*. In: *Revue de Métaphysique et de Morale* 40 (1933), S. 309 ff.
- G. Singe: *Gott im Chaos. Ein Beitrag zur Rezeption der Chaostheorie in der Theologie und deren praktisch-theologische Konsequenz*, Frankfurt/M. u. a. 2000.

- Th. B. Spademan: *Natural Law, Business Ethics, and the Environment*. In: *Vera Lex* 2000, New Series Vol. 1, Nr. 1/2, S. 19 ff.
- A. Stephan: *Emergence – A Systematic View on its Historical Facts*. In: *Bekermann/Flohr/Kim* (Hrsg.), 1992, S. 25 ff.
- A. Stephan: *Emergenz. Von der Unvorhersagbarkeit zur Selbstorganisation*, Dresden – München 1999.
- A. Stephan: *Theorien der Emergenz*. In: <http://www.informationphilosophie.de/philosophie/emergenz.html> (ausgedruckt: 11.03.2001).
- H. J. Störig: *Weltgeschichte der Philosophie*, Stuttgart 1985.
- L. Stünzner: *Sind das Gehirn und Betrieb miteinander vergleichbar?* In: *ZfB* 2000, H. 9, S. 983 ff.
- R. Thom: *What is Catastrophe Theory about?* In: *Haken* (Hrsg.), 1997, S. 26 ff.
- K. Toifl (Hrsg.): *Chaostheorie und Medizin. Selbstorganisation im komplexen System Mensch*, Wien u. a. 1999.
- M. Usteri/W. Fickentscher/W. Wickler (Hrsg.): *Gene, Kultur und Recht*, Bern 2000.
- B. Verbeek: *Die Anthropologie der Umweltzerstörung. Die Evolution und der Schatten der Zukunft*, 3. Aufl., Darmstadt 1998.
- W. Völcker: *Emergenz und komplexe Dynamik in dissipativen Marktsystemen*, Hamburg 1998.
- M. M. Waldrop: *Complexity. The Emerging Science at the Edge of Order and Chaos*, New York 1992.
- M. M. Waldrop: *Inseln im Chaos. Die Erforschung komplexer Systeme*, Reinbek b. Hamburg 1993.
- R. Weimar: *Neuroscience Before the Gates of Jurisprudence*. In: *Usteri/Fickentscher/Wickler* (Hrsg.), 2000, S. 39 ff.
- R. Weimar/G. Leidig: *Evolution, Kultur und Rechtssystem. Beiträge zur New Political Ecology*, Frankfurt/M. u. a. 2002.
- R. Wendorff: *Zeit und Kultur. Geschichte des Zeitbewußtseins in Europa*, Opladen 1985.
- H. Willke: *Ironie des Staates. Grundlinien einer Staatstheorie polyzentrischer Gesellschaft*, Frankfurt/M. 1996.
- K. F. Withauer: *Fitness der Unternehmung*, Wiesbaden 2000.