

Stefan Liehr

**Decision Support-Systeme in  
sozial-ökologischen  
Regulationsprozessen**

Eine Betrachtung aus  
kybernetischer Perspektive

Stefan Liehr

**Decision Support-Systeme in sozial-ökologischen  
Regulationsprozessen**

Eine Betrachtung aus kybernetischer Perspektive

### **Zu diesem Text**

Sei es das Management von Wasserressourcen, die Diskussion um den Klimawandel oder die Abwägung alternativer Energiequellen: in allen Fällen wird die unauflösbare Verknüpfung von naturräumlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen offenbar. Natur und Gesellschaft stehen über das Zusammenspiel von Ursachen, Wirkungen und vielfältigen Rückkopplungen in einem komplexen Beziehungsgeflecht zueinander. Sollen gegenwärtige Entwicklungen auf einen Pfad gelenkt werden, der im Sinne der Nachhaltigkeitsdebatte über Generationengrenzen hinaus gesellschaftspolitisch vertretbar ist, so muss die Gestaltung der erforderlichen sozial-ökologischen Regulationen die Komplexität des Problemfelds an zentraler Stelle aufnehmen.

Die vorliegende Arbeit analysiert die Entscheidungsprozesse und die Rolle so genannter Entscheidungsunterstützungssysteme in der Gestaltung von Regulationen. Als spezifisches sozial-ökologisches Problemfeld wird das Management der Wasserressourcen herangezogen und am konkreten Beispiel des Wasserschutzgebietsmanagements im Fuhrberger Feld (bei Hannover) diskutiert. Eine besondere Aufmerksamkeit kommt dabei der Perspektive der Kybernetik erster und zweiter Ordnung zu. Als Wissenschaft von Regulationsvorgängen erlaubt die Kybernetik in Verbindung mit systemtheoretischen Ansätzen eine Erweiterung des konzeptionellen Raums und damit einen neuen Blick auf die betrachteten Prozesse und die sie unterstützenden Instrumente hinsichtlich der Aspekte von Integration, Transparenz und Kommunikation.

### **About this text**

Whether the management of water resources, the discussion about climate change or the consideration of alternative sources of energy, all these examples reveal the inseparable entanglement of natural and societal problem areas. The interplay of causes, effects and feedbacks couples nature and society in a complex network of interactions. If present developments are to be guided on a sustainable path the structuring and forming of the required social-ecological regulations have to consider the immanent complexity of the problem field.

This publication analyses the decision processes and the role of so-called decision support systems (DSS) in the structuring and forming of regulations. The analysis focuses on the management of water resources and discusses its results by the concrete example of the management of the water protection area Fuhrberger Feld near Hannover in Germany. Special attention is given to the perspective of first- and second-order cybernetics. Cybernetics as the science of regulation processes allows a widening of the conceptual basis and gives rise to new insights into decision processes, its supporting instruments and the aspects of integration, transparency and communication.

**ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 26**  
**ISSN 1436-3534**

Stefan Liehr

**Decision Support-Systeme in sozial-ökologischen  
Regulationsprozessen**

Eine Betrachtung aus kybernetischer Perspektive

herausgegeben vom

Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH  
Hamburger Allee 45  
60486 Frankfurt am Main

Frankfurt am Main, 2006

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Problemstellung</b> .....	7
<b>2</b>	<b>Entscheidungsprozesse im Management von Wasserressourcen</b> .....	8
2.1	Klassische und moderne Ansätze .....	8
2.2	Management von Wasserressourcen .....	11
2.3	Fallbeispiel: Management des Wasserschutzgebiets Fuhrberger Feld .....	13
<b>3</b>	<b>Kybernetische Perspektive in der Analyse von Entscheidungsprozessen</b> ....	16
<b>4</b>	<b>Das Management von Wasserressourcen aus kybernetischer Systemsicht</b> .....	20
4.1	Die kybernetische Systemsicht .....	20
4.2	Partizipation als Element einer kybernetischen Betrachtung .....	26
<b>5</b>	<b>Übertragung auf das Wasserschutzgebietsmanagement Fuhrberger Feld</b> ....	27
5.1	Die Ausgestaltung der zirkulären Rückkopplung .....	27
5.2	Die Perspektive zweiter Ordnung .....	30
<b>6</b>	<b>Erkenntnisgewinn und Grenzen der kybernetischen Perspektive</b> .....	33
	<b>Literatur</b> .....	35



## 1 Problemstellung

Regulationsprozesse in sozial-ökologischen Problemfeldern stehen der Herausforderung gegenüber, gesellschaftliche und ökologische Entwicklungen auf einen Pfad zu lenken, der sich durch Nachhaltigkeit und die Erhaltung funktionaler Strukturen auszeichnet. Die Absicht auf best mögliche Weise einen auf dieses Ziel ausgerichteten Entscheidungsprozess zu gestalten und umzusetzen unterliegt gleichzeitig der Schwierigkeit, in einem durch Komplexität, Interdisziplinarität und Interessensvielfalt ausgezeichneten Umfeld zu agieren. Zur Überwindung dieser Hürden zeichnet sich die Notwendigkeit eines konzeptionell, begrifflich und methodisch an die Herausforderungen und Schwierigkeiten angepassten Vorgehens ab. Bieten einerseits die Soziale Ökologie und die Kybernetik eine konzeptionelle und begriffliche Basis, indem sie auf das komplexe Beziehungsgeflecht zwischen Gesellschaft und Natur sowie das Zusammenspiel von Ursachen, Wirkungen und deren Rückkopplungen fokussieren, so erleichtert andererseits die Systemtheorie methodisch eine Integration innerhalb des Problemfelds und damit den Umgang mit der vorliegenden Komplexität.

Die Kybernetik als genuin disziplinübergreifende Wissenschaft von Regulationsvorgängen in Systemen erlaubt auf besondere Weise eine Erweiterung des konzeptionellen Raumes (Schramm 2005b). Sie liefert Erklärungsmuster charakteristischer Phänomene komplexer Systeme, integriert mit ihrer Loslösung von disziplinären Kontexten und führt mit einer Perspektive zweiter Ordnung zur Einbeziehung vormals passiver Beobachter als handelnde und damit gestaltende Subjekte innerhalb eines kybernetischen Regelkreises. Dieser kybernetische Regelkreis bildet gleichzeitig die Brücke zu den Entscheidungsprozessen, mit denen der Pfad einer Entwicklung angesichts sozial-ökologischer Problemlagen geformt wird. Entscheidungen sind damit Teil von Regelkreisen, indem sie diese als konstituierender Bestandteil mit gestalten und umsetzen. Entscheidungen können aber auch außerhalb von Regelkreisen stattfinden, indem sie diese verändern, entstehen lassen oder auflösen. Entscheidungen bedürfen darüber hinaus einer Grundlage, deren Ausgestaltung auf kognitiven Verarbeitungsprozessen und darin eingeschlossenes Vorwissen beruhen muss, aber auch auf zusätzlichen expliziten, formalen Modellen des betrachteten Gegenstandsbereichs. Als Antwort auf die Komplexität der Problemstellung stellen letztgenannte explizite Modelle eine methodische Unterstützung des Entscheidungsprozesses dar. Als Teil dieses Prozesses stehen auch sie konsequenterweise in einem logischen Bezug zu den kybernetischen Erklärungsansätzen.

Ausgehend von der beschriebenen Nähe des Entscheidungsprozesses zu den Konzepten der Kybernetik soll in diesem Beitrag deren Wechselbeziehung tiefergehend untersucht werden. Besondere Aufmerksamkeit wird hierbei der Frage gewidmet, inwieweit die Erkenntnisperspektive einer Kybernetik zweiter Ordnung bei der Begründung und Analyse des Einsatzes von Systemen zur Entscheidungsunterstützung eine sinnvolle Unterstützung darstellen kann. Die Diskussion auf allgemeiner Ebene wird durch die Untersuchung eines ausgewählten sozial-ökologischen Problemkon-

text, dem Management des Wasserschutzgebiets Fuhrberger Feld, ergänzt. Dazu wird das im konkreten Fallbeispiel zur Entscheidungsunterstützung herangezogene Prognosesystem im Zusammenhang mit den spezifischen Rückkopplungs- und Partizipationsverfahren unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus der kybernetischen Perspektive analysiert und begründet.<sup>1</sup>

## **2 Entscheidungsprozesse im Management von Wasserressourcen**

### ***2.1 Klassische und moderne Ansätze***

Eine lange Tradition hat die Analyse von Entscheidungsprozessen im Umfeld der politischen und ökonomischen Forschung. In diesem Zusammenhang stellt es ein wesentliches Element des Operations Research, der Spieltheorie und des Konzepts einer Good Governance dar (March 1998; Milling 2002; Vahs 2003). Über diese klassischen Managementansätze hinaus gewinnt in der Analyse von Entscheidungsprozessen das Management der auf vielfältige Weise anthropogen genutzten Naturressourcen an zentraler Bedeutung.

Wie in den klassischen politischen und ökonomischen Bereichen waren auch bei den Umweltwissenschaften die ersten Ansätze überwiegend auf disziplinäre Aspekte beschränkt. Dabei herrschten einerseits traditionell technische und naturwissenschaftliche Fragestellungen bzw. andererseits auf der Verfahrenseite typisch klassischen formale Ansätze von Verordnungen und Grenzwertsetzungen vor. In Abbildung 1 ist dies exemplarisch anhand eines von Klug/Lang (1983) verwendeten Entscheidungssystems illustriert. Im Gegensatz zu den expliziert dargestellten Aspekten der administrativen und formalen Entscheidungsbildung erscheint die Komplexität natürlicher Prozesse innerhalb eines undifferenzierten physikalischen Prozess-Reaktionssystems, des „Physical P-R-S“ gebündelt.

---

<sup>1</sup> Für die anregende und konstruktive Diskussionsatmosphäre mit immer wieder neuen Perspektiven wie auch für die hilfreichen Anmerkungen zum Manuskript der Veröffentlichung einen ganz herzlich Dank an Engelbert Schramm, Thomas Kluge und Florian Keil. Die Veröffentlichung basiert teilweise auf Ergebnissen des netWORKS-Vorhabens, finanziert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderzeichen 07VPS08B, und auf Ergebnissen des INTAFERE-Projekts, finanziert durch das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst (HMWK). Die Verantwortung für den Inhalt liegt allein beim Autor.

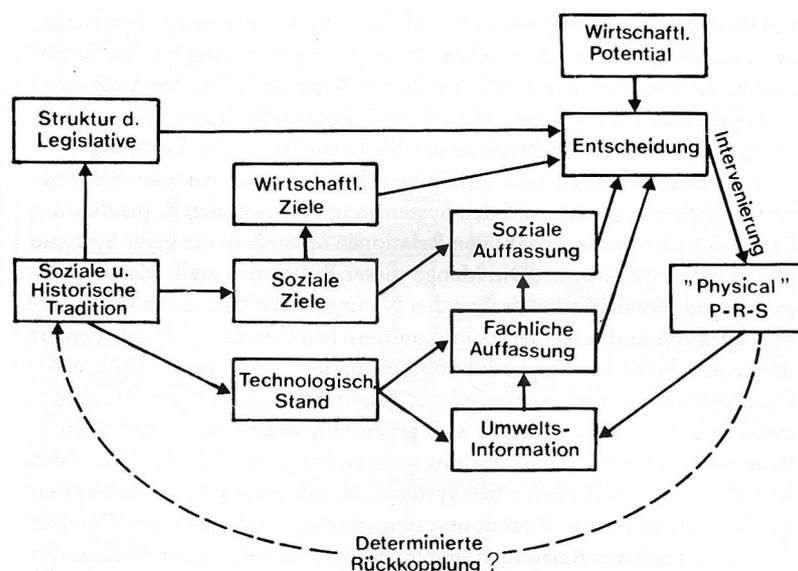


Abbildung 1: Darstellung eines Entscheidungssystem; entnommen aus Klug/Lang (1983), dort verändert nach Chorley/Kennedy (1971).

Im Zuge neuer integrierter Ansätze wurden in den Umweltwissenschaften zunehmend soziale, ökologische und wirtschaftliche Gesichtspunkte gleichermaßen eingeschlossen. Ein Ausdruck davon ist der Übergang von einem angebotsorientierten zu einem stärker nachfrageorientierten Management. Die ursprüngliche Angebotsorientierung bedeutete eine reine Betrachtung der Gestaltungsmöglichkeiten naturgegebener Prozesse, also jene, die letztlich zur Verfügbarkeit und damit dem Angebot einer Ressource führen. Verbunden damit sind hohe Investitionen in Systemkomponenten mit teilweise extrem langen wirtschaftlichen und technischen Lebensdauern. In der Konsequenz geht dies zwar mit einer zunächst gewünschten hohen Sicherheit in der Ressourcenbereitstellung einher, doch gleichzeitig führt dies infolge investitionsbedingter „Lock-In“-Effekte und technischer Systemfestlegungen zu einer erheblichen Pfadabhängigkeit und mangelnden Flexibilität der Systeme.

Im Zuge des Übergangs zur Nachfrageorientierung wird der Blick verstärkt auf eine Analyse der gesellschaftlichen Prozesse und Rahmenbedingungen gelenkt, denn erst durch akteursgebundene, nicht-naturräumlichen Vorgänge entsteht eine entsprechende Nachfragesituation. Eine Ressource ist demnach nicht naturgegeben existent, sondern eine Konsequenz aus einer gesellschaftlichen Bedarfsituation und den technischen Möglichkeiten. In der Folge entwickelten sich im Ressourcenmanagement ergänzend zu bestehenden formellen Verfahren auch informelle Verfahren, die durch eine Verstärkung des Grades an Partizipation der Akteure sowie an Transparenz in ihrer Struktur und ihrem Kontext gekennzeichnet waren. Statt eines Ressourcenmanagement, dass von unflexiblen und langfristigen Investitionszyklen geprägt ist, ist ein gestaltungsoffeneres und an die große Dynamik des Umfelds anpassbares Vorgehen notwendig. So übernehmen in manchen Bereichen der Wasserbewirtschaftungspraxis, wie beispielsweise der Grundwasserbewirtschaftung des

Hessischen Rieds, Schwankungskorridore die Rolle vormals starrer Entnahmemengen und führen in der Folge zu einer Vergrößerung der operativen Freiheit in der angestrebten Zielerreichung (Quadflieg et al. 1999, Schramm 2005a). Mit Blick auf die Entscheidungsprozesse bedeutet dies die Notwendigkeit zu einer Stärkung von Kompetenzen und zur Einführung angepasster Instrumente, um der veränderten Einbindungen in die Regulationsvorgänge eines neu gestalteten Ressourcenmanagements gerecht zu werden.

Wurden in traditionellen Ansätzen die Kopplungen zwischen natürlicher und gesellschaftlicher Sphäre vernachlässigt oder stark reduziert behandelt, so gilt es nun ihre Wechselwirkungen aus disziplinübergreifender Sicht zu erfassen, darzustellen und zu analysieren. Gerade in integrierten Ansätzen zum Management von Naturressourcen zeigt sich die Vielfalt der auf komplexe<sup>2</sup> Weise miteinander wechselwirkenden Prozesse in Gesellschaft und Natur in besonderer Ausprägung. Hier gilt es, das Zusammenwirken der miteinander verknüpften Faktoren und Einflüsse im Hinblick auf den Prozess der Entscheidungsfindung und -durchsetzung zu untersuchen.

Die Komplexität des Umfeldes, ständig verändernde Wissens- und Datenbestände und vor allem auch die Erkenntnis, welch hohen Anteil der gesellschaftspolitische Rahmen im Bereich des Ressourcenmanagements besitzt, leiten den Blick auf moderne Instrumente zur Unterstützung der Entscheidungsfindung. Sie dienen zur Verknüpfung der vielfältigen Wissensbestände, helfen bei der Analyse und Bewertung von gegebenen Zuständen, fördern das Verständnis dynamischer Prozesse, beziehen die relevanten Stakeholder in die Schaffung der Grundlagen zur Entscheidungsfindung ein und stellen eine wichtige Grundlage für den Blick in die Zukunft dar. Doch gerade in Letzterem liegt eine große Unsicherheit, die trotz fundierter wissenschaftlicher Erkenntnisse oft nur beschränkt verringert werden kann. Die Frage danach, welche Entwicklungspfade in die Zukunft möglich und realistisch sind, bedarf nicht nur der Anwendung technischer, modellierter Methoden zur Projektion gegenwärtiger Entwicklungen in die Zukunft, sondern vielmehr einen umfassenderen Entwurf geeigneter Szenarien, in denen durch eine Verknüpfung von qualitativem und quantitativem Vorgehen mögliche Entwicklungspfade konsistent bestimmt werden.

---

<sup>2</sup> Zum Begriff der *Komplexität* existiert angesichts einer Fülle von Beschreibungsdimensionen und Konnotationen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen und Disziplinen keine allgemein akzeptierte Definition. Dennoch können meisten Ansätze auf wenige Grundkonzepte zurück geführt werden, die sich in der Sprache der Systemtheorie fassen lassen. In Anlehnung an Richardson/Cilliers (2001) sollen im Folgenden Systeme als *komplex* verstanden werden, wenn zu ihrer Beschreibung erstens eine große Anzahl von Faktoren und Prozessen und zweitens die Annahme von nichtlinearen Verknüpfungen notwendig sind. Systeme, die alleine der ersten Bedingung genügen – Rescher (1998) spricht in diesem Zusammenhang von kompositorischer und struktureller Komplexität –, sollen als *kompliziert*, jedoch nicht als *komplex* verstanden werden. Die zweite Bedingung der Nichtlinearität bedeutet für die Systeme, dass der Versuch von Vereinfachungen durch eine Zerlegung in Teilsysteme nicht ohne den Verlust an Informationen möglich ist. Rescher (1998) bezeichnet dies als funktionale Komplexität (vgl. auch Becker/Jahn 2006).

Eine praxisbezogene Forschung bedeutet damit auch Integration über die Wissenschaft hinaus, also die Einbeziehung der Interessen und Handlungsmaßstäbe von Stakeholdern und Entscheidungsträgern. Erst durch ihre Einbindung in den Forschungsprozess und die Zusammenführung ihres Wissens mit den Möglichkeiten moderner Instrumente der Vorausberechnung und der Vorausschau (z.B. qualitativ-quantitative Methoden zur Szenarienentwicklung) kann es in gesellschaftlich relevanten Fragen der Nutzung von Umweltressourcen zur Entwicklung realistischer Maßnahmen(-bündel) und Unterstützung gesellschaftspolitischer Entscheidungen kommen. Damit wird eine Begründungsbasis bereit gestellt und transparent gemacht, die Akzeptanz und Erfolg von Maßnahmen durch Einbindung in den Prozess der Entscheidungsfindung erhöht.

## **2.2 Management von Wasserressourcen**

Ein Bereich hoher aktueller Relevanz im Management der natürlichen Ressourcen ist die Gestaltung eines nachhaltigen Umgangs mit den Wasserressourcen. Qualität und Quantität der Ressource „Wasser“ sind einer zunehmenden Gefährdung ausgesetzt, deren Ursachen in starkem Maße durch Verschmutzungen, eine Intensivierung der landwirtschaftlichen und industriellen Nutzungsformen und Veränderungen der klimatischen Bedingungen gegeben sind. Die Nutzung der Wasserressourcen ist mit ihren Folgewirkungen auf lokaler, regionaler und globaler Skala von jeweils spezifischer Bedeutung, Interessen unterschiedlichster Akteure und die Anforderungen zum Erhalt des Ökosystems treffen hier genauso zusammen wie die verschiedensten gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Bereiche und Sektoren sowie die Vielzahl an wissenschaftlichen Disziplinen. Mit diesem engen Zusammenspiel von durch Natur und Gesellschaft bestimmten Prozessen wird die Ressource „Wasser“ zum Paradebeispiel eines sozial-ökologischen Problemfelds und sein Management zu einem Musterfall zur Anwendung des Konzepts der sozial-ökologischen Regulation (Hummel/Kluge 2004; Keil 2004).

Auf internationaler Skala nimmt derzeit die Diskussion um die Herausforderungen eines nachhaltigen Managements der Wasserressourcen eine herausragende Stellung im Bereich der Ressourcenbewirtschaftung ein. Nach dem Scheitern der internationalen Trinkwasserdekade, nach lokalen und regionalen Wasserkrisen und Versorgungsengpässen sowie einer zunehmenden Wertschätzung von Umweltqualitäts- und Naturschutzziele wurde 1992 auf internationaler Ebene ein Konzept des *integrierten Wasserressourcenmanagements* (*Integrated Water Resource Management*, IWRM) in den Dublin-Prinzipien und der Agenda 21 als neuer wasserpolitischer Konsens verankert (Neubert et al. 2005).

Das Konzept des IWRM fußt auf einer Abkehr vom Paradigma der Angebotsorientierung sowie von sektoraler nicht integrierter Planung und Bewirtschaftung der Wasserressourcen. Wasserkrisen sind demzufolge nicht allein durch naturgegebene Faktoren bedingt, sondern gleichsam als Managementprobleme zu verstehen. Ge-

sellschaftliche und institutionelle Rahmenbedingungen sowie politische Ansätze stehen auf dem Prüfstein und sind Gegenstand zukünftiger Reformierungen. Nach Neubert et al. (2005) wird das Konzept dabei durch die folgenden fünf Schlüsselemente getragen: (1) Die Planungs- und Bewirtschaftungseinheiten müssen den natürlichen Gegebenheiten der Wassereinzugsgebiete angepasst sein, (2) der Managementansatz ist auf das gesamte betroffene Ökosystem auszurichten, also u.a. auf alle Arten von Gewässerkörpern wie auch auf die Landressourcen, (3) der Managementansatz ist sektorübergreifend und unter Einbezug von Abhängigkeitsbeziehung wie den Perspektiven von Ober- und Unterliegern zu gestalten, (4) Interdisziplinarität, insbesondere bezüglich natur- und gesellschaftswissenschaftlichen Ansätzen, ist wesentliche Voraussetzung bei der Abwägung von Bewirtschaftungsalternativen und (5) Kooperationsstrukturen sind partizipativ unter Einbeziehung aller relevanten gesellschaftlichen und Akteure Gruppen zu gestalten.

Wesentliche Grundzüge dieses Konzepts wurden von der im Jahr 2000 in Kraft getretenen EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) aufgenommen (EU 2000). Die EU-WRRL schafft einen neuen europaweiten Ordnungsrahmen zum Schutz von Binneneroberflächengewässern, der Übergangsgewässer, der Küstengewässern und des Grundwassers (Art. 1). Die EU-WRRL verfolgt dabei in mehrfacher Hinsicht einen integrierten Ansatz, indem sie neben der Berücksichtigung unterschiedlichen Gewässerkörper auch den Schutz der vom Wasser abhängigen Lebensräume und Arten (Art. 6), eine ökonomische Analyse der Wassernutzungen (Art. 5), eine Berücksichtigung der sozialen, gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Auswirkungen der Kostendeckung (Art. 9) sowie gemäß der Aarhus-Konvention das Recht der Öffentlichkeit auf Information und Beteiligung an Entscheidungsverfahren (Art. 14) formuliert. Im Zuge der Umsetzung sind für die wasserwirtschaftliche Planung bis zum Jahr 2009 Bewirtschaftungspläne auf der Ebene von Flusseinzugsgebieten zu erarbeiten (Art. 13) und zugehörige Maßnahmenprogramme zur Erreichung eines guten Gewässerzustandes zu erstellen (Art. 11).

Mit Blick auf die jeweilige Gestaltung der Entscheidungsprozesse ist dem IWRM-Konzept und dem Ordnungsrahmen der EU-WRRL die Forderung nach Integration und Partizipation gemeinsam. Entscheidungen werden auf diese Weise zum Ergebnis gesellschaftlicher Aushandlungsprozesse zu deren Voraussetzungen ein Ausgleich von Interessen und die Berücksichtigung von Abschätzungen über die zukünftigen Wirkungen gegenwärtigen Handelns durch informierte Stakeholder gehören. Angesichts der integrierten Perspektive im Konzept des IWRM und in der EU-WRRL steht ein Management der Wasserressourcen der Herausforderung gegenüber, in einem vielschichtigen und komplexen Umfeld agieren wie auch die erheblichen Unsicherheiten in den damit verbundenen Entscheidungsprozessen bewältigen zu müssen. Um dieser Herausforderung gerecht zu werden, stellt die Entwicklung von Systemen zur Unterstützung von Entscheidungsprozessen eine wichtige wissenschaftliche und gesellschaftspolitische Aufgabe dar, die gegenwärtig durch Fördermaßnahmen und

Projekte verstärkt vorangetrieben wird<sup>3</sup>. Diese Systeme operationalisieren nicht nur die Zusammenführung und Auswertung von empirischen Daten und wissenschaftlich fundierten Zusammenhängen, sie weiten den Blick auf das betrachtete System und wirken als Integrationsinstrumente zur Beteiligung aller relevanten gesellschaftlichen Akteure in die Entwicklung von Konzepten zukünftiger Managementkonzepte und schaffen damit auch Transparenz in den Entscheidungsprozess.

### **2.3 Fallbeispiel: Management des Wasserschutzgebiets Fuhrberger Feld**

Im Folgenden soll ein geographisch eng begrenztes, in seinem Verlauf abgeschlossenes und vollständig in die Praxis gegangenes Forschungsvorhaben als Fallbeispiel für die spätere Diskussion vorgestellt werden: die Entwicklung eines integrierten Schutzgebietsmanagements im Fuhrberger Feld. Obgleich nicht explizit im Sinne des IWRM-Konzepts oder der EU-WRRL konzipiert, zeigt das Vorhaben jedoch mit seiner Einbindung in die regionale Dynamik, seinen Integrationsbemühungen und der sukzessiven Stärkung von Partizipation eine Entwicklung hin zu deren wesentlichen Elementen.

Das Forschungsvorhaben „Wasser und andere Umweltleistungen: Multilaterale Kooperation in der Wassergewinnungsregion Nord-Hannover (Fuhrberger Feld)“ wurde von dem Ingenieurbüro Geo-Infometric (Hildesheim) koordiniert und in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken Hannover AG (Hannover) und dem Institut für Landschaftspflege und Naturschutz (Hannover) im Zeitraum 2000 bis 2002 durchgeführt und von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) finanziell unterstützt. Ausgangspunkt war die zunehmende Härte des geförderten Grundwassers und die deutliche Überschreitung der zugelassenen Trinkwasser-Grenzwerte von Nitrat und Sulfat in Beprobungen des Sickerwassers. Dabei steht die Nitratbelastung als primäre, stoffliche Problematik im Vordergrund des Forschungsvorhabens, da die teilweise Sulfatbelastung der Region eine Folge des Vorgangs der Denitrifikation<sup>4</sup> darstellt und somit als sekundärer Prozess anzusehen ist (Straaten et al. 2003).

Die Relevanz der Nitratproblematik folgt aus den Ergebnissen internationaler Studien zu den gesundheitlichen Wirkungen von Nitraten (WHO 1996). Im Organismus wird das aufgenommene Nitrat teilweise in Nitrit umgewandelt, welches sich hemmend auf die Sauerstoffatmung der Zellen auswirkt und insbesondere bei Säuglingen zu Beeinträchtigungen im Sauerstofftransport des Blutes führen kann. Umstritten ist dagegen der Zusammenhang zwischen einer erhöhten Nitrataufnahme, der

---

<sup>3</sup> Exemplarisch soll an diese Stelle auf die vom BMBF geförderten GLOWA-Projekte, auf die von der EU geförderten Projekte TransCat und MULINO im 5. Forschungsrahmenprogramm sowie MODELKEY im 6. Forschungsrahmenprogramm verwiesen werden.

<sup>4</sup> In diesem wird das Nitrat durch Mikroorganismen unter anaeroben Bedingungen zu molekularem Stickstoff reduziert, während gleichzeitig Sulfid zu Sulfat oxidiert wird (vgl. Schramm 2005).

anschließenden Bildung von Nitrosaminen und deren, im Tierversuch nachgewiesenen, krebserregende Wirkung.

In dem betroffenen Gebiet des Großraums Hannover werden die etwa 800.000 Einwohner zu 91 % durch Entnahmen aus dem 300 km<sup>2</sup> großen Wasserschutzgebiet Fuhrberger Feld gedeckt. Das restliche Kontingent stammt zu jeweils ca. 4,5 % aus zwei weiteren Gebieten im Süden Hannovers, dem Wasserwerk Grasdorf und der Granetalsperre. Die primäre Problematik der Nitratbelastung steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Nutzung von 40 % der Fläche des Fuhrberger Feldes und dem zusätzlichen Fehlen einer in anderen geographischen Regionen als Puffer wirkenden Deckschicht.

Aus dieser Situation heraus entwickelte sich das Forschungsvorhaben mit der zentralen Zielsetzung einer nachhaltigen Reduktion der Nitratausträge unter Acker und Grünland auf 80 mg/l in den genutzten Teilgebieten und somit auf unter 50 mg/l im Gesamtgebiet – also dem Grenzwert der Nitratkonzentration im Trinkwasser nach der EU-Trinkwasserverordnung und der Empfehlung der WHO (1993). Hierbei galt es auch die Interessen und Ziele der Beteiligten – in erster Linie der Wasserversorger, der Landwirte und der Vertreter des Naturschutzes – zu berücksichtigen.

Bereits durch dem Projekt vorangegangenen Kooperationen – seit 1992 existiert ein Zusammenschluss von Landwirtschaft und Wasserwirtschaft, 1994 wurde der Kooperationsgedanke gesetzlich verankert – konnte die Nitratbelastung im Sickerwasser gesenkt werden. Trotz teilweiser Erfolge zeichneten sich jedoch auch die Grenzen bisheriger Maßnahmen wie Neuaufforstungen, Waldunterbau und freiwilliger Vereinbarungen ab. Insbesondere aus ehemaligen Grünlandflächen, die zu Äckern umgewandelt wurden, gelangen jährlich sehr hohe, früher organisch „fixierte“ Stickstoffmengen ins Sickerwasser und damit in den Grundwasserleiter des Fuhrberger Feldes (Bathke et al. 2003: 14). Die durchgeführten Maßnahmen erwiesen sich als nicht ausreichend für eine Erreichung des angestrebten Grenzwertes der Nitratkonzentration, zudem erfuhr die anfangs gute Akzeptanz der freiwilligen Vereinbarungen durch den Ausschluss der Landwirte aus der Erarbeitung des Rahmenkonzepts eine starke Beeinträchtigung (Bathke et al. 2003: 4; Kluge et al. 2006). Hier setzt das von der DBU finanzierte Forschungsvorhaben an.

Die Innovation des Forschungsansatzes basiert wesentlich auf einer Partizipation der Flächennutzer im Schutzgebiet, der Anwendung von Prioritätssetzungen, neuen Honorierungsansätzen und Beratungsinstrumenten im Rahmen eines effizienten nachhaltigen Gebietsmanagements. Ziel war die Erschließung von Lösungswegen für ein ganzheitliches (integriertes) Schutzgebietsmanagement, das über die kurzfristigen Erfolge der früheren, rein land- und forstwirtschaftlicher Maßnahmen, mit unzureichender Aufnahme der Wechselwirkungen zwischen den Beteiligten, hinaus geht.

Ergebnisse des Forschungs- und Entwicklungsprozesses sind neue Instrumente für die Kooperationsarbeit im Fuhrberger Feld. Hierzu gehören (1) der Aufbau einer Steuerungs- und Kommunikationsplattform zur Verbesserung der Akzeptanz und Transparenz in der Entscheidungsfindung, (2) die Erarbeitung und Prüfung neuartiger oder kombinierter Honorierungsformen ökologischer Leistungen der Landwirtschaft und (3) die Ermittlung einer Biotopentwicklungskarte zur Beschreibung des Spektrums von Entwicklungsmöglichkeiten der Vegetation des Standortes. Die Breite des Forschungsansatzes wird durch eine Zuordnung dieser einzelnen Ergebnisse zu den unterschiedlichen disziplinären Bereichen deutlich. Die Biotopentwicklungskarte ist zunächst im naturwissenschaftlichen Bereich zu verorten und dient aus dieser Sicht als eine wesentliche Grundlage im Entscheidungsprozess. Darüber hinaus steht die Biotopentwicklungskarte indirekt mit der Forderung nach einer effizienten Nutzung der eingesetzten wirtschaftlichen Mittel in Verbindung, da sie diejenigen Standorte auszeichnet, „die in besonderem Maße Chancen für die Entwicklung einer schutzwürdigen Vegetation aufweisen“ und es somit erleichtern, „Naturschutzmittel für die Entwicklung von Flächen (...) effizient zu verausgaben“ (Bathke et al. 2003: 31). Dagegen stellt die 3-komponentige Steuerungs- und Kommunikationsplattform ein Bindeglied zwischen den gesellschaftlich-partizipativen (die beiden Komponenten „internetbasierte Kommunikationsplattform“ und „GIS-basiertes Fachinformationssystem“) und physisch-naturwissenschaftlichen Anforderungen (die Komponente „interaktives Prognoseverfahren NICOMAT“, Nitrat-Concentration-Matrix) dar. Die Erörterung von unterschiedlichen Honorierungsformen kann als Schnittstelle zwischen einer ökonomischen und gesellschaftlich-partizipativen Komponente angesehen werden.

Zentrales Element von NICOMAT ist die Bilanzierung der über das Sickerwasser in den Grundwasserleiter eingetragenen bzw. potenziell in die Förderbrunnen gelangenden Nitratfrachten. Mit dem Modell kann die Wirkung unterschiedlicher Maßnahmen auf den Nitrathaushalt simuliert werden, die hierzu erforderlichen Szenarien werden in speziell eingerichteten Arbeitskreisen definiert. Instrument zur Berechnung und Visualisierung ist eine Tabellenkalkulation, wobei der gebietspezifische Flächen- und Zeitbezug durch die Verschneidung von Fließzeitzone(n) (berechnet mit einem externen Grundwassermodell) und Flächennutzungsarten mit Hilfe eines GIS hergestellt wird. Als wesentliche Stellschrauben dienen Gebietsmittelwerte für die Parameter „Stickstoff-Eintrag“ und „Grundwasserneubildung“. Sie sind den jeweiligen Flächennutzungsarten zugeordnet und können in den beabsichtigten Maßnahmenpaketen entsprechend erhöht oder vermindert werden. In Verbindung mit einer Änderung der Flächennutzungsverteilung in einzelnen Teileinzugsgebieten und Fließzeitzone(n) lassen sich auf diese Weise im Kalkulationsblatt Szenarien durchrechnen. Die Kalibrierung wird mit Hilfe historischer Daten (Flächennutzungsänderungen und Nitratfrachten) vorgenommen (Bathke et al. 2003: 83ff.; Thiem et al. 2004; Wilde et al. 2003).

### 3 Kybernetische Perspektive in der Analyse von Entscheidungsprozessen

Die Entwicklung von wissens- und datenbasierten Systemen wie NICOMAT macht die zentrale Bedeutung von Information im Entscheidungsprozess deutlich. Systeme wie diese explizieren vormals implizites und über unterschiedliche Kompetenzen und Disziplinen verteiltes Wissen. Damit vergrößern sie die Transparenz, verdeutlichen grundlegende Annahmen, Hypothesen und auch Grenzen im Handlungsspielraum. Entscheidungen sind zielgebunden, ihre angenommenen zukünftigen Folgen gehen wesentlich in den Prozess der Abwägung von Alternativen ein. Erfolg oder Misserfolg der angestrebten Zielerreichung werden idealerweise an den Entscheidungsträger zurück gekoppelt und beeinflussen auf diese Weise sein Handeln der Zukunft, also auch alle weiteren Entscheidungen.

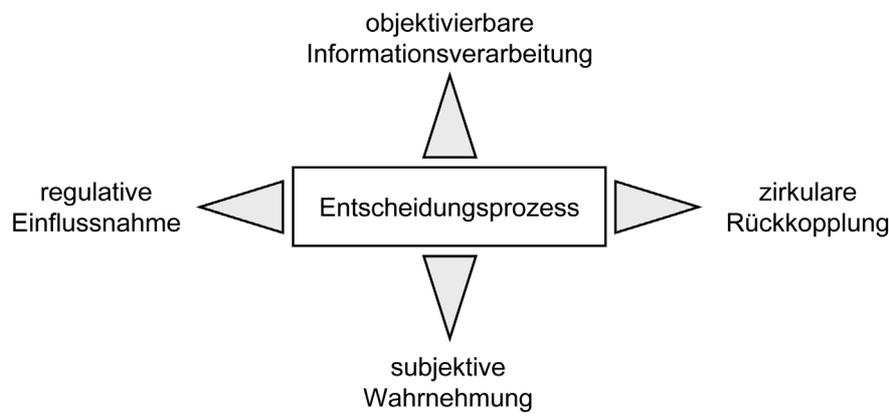


Abbildung 2: Der Entscheidungsprozess eingebettet in das Wechselspiel komplementärer, kybernetischer Begrifflichkeiten.

Die Zielgerichtetheit des mit der Entscheidung befassten Akteurs, die damit verbundene Rückkopplung seiner Handlungen und sein grundlegender Bedarf an einer angemessenen Verarbeitung und auch Speicherung von Informationen bilden eine Brücke zur Anwendung kybernetischer Konzepte auf den Prozess der Entscheidungsfindung. Die Kybernetik, erstmals von Ampère 1834 „als Wissenschaft vom Beherrschen von Vorgängen“ und etwa 100 Jahre später von Wiener (1948) zu einer allgemeinen Theorie der organisatorischen und kontrollartigen Beziehungen in Systemen entwickelt, stellt eine relativ junge, disziplinübergreifende Wissenschaft über die Funktions- und Wirkungsweisen jeglicher Art von biologischen, mechanischen und sozialen Systemen dar. Sie lässt sich als Wissenschaft von Regulationsvorgängen in Systemen beschreiben, bei denen Informationsaustausch- und Rückkopplungsprozesse eine wesentliche Rolle spielen. Mit ihrem begrifflichen Rahmen, der sich über einzeldisziplinäre Kontexte hinaus hebt, ermöglicht sie die Analyse des Wirkens von Komplexität und des angemessenen Umgangs mit der Komplexität gegebener Zusammenhänge. Für einen umfassenderen Einblick in die Geschichte der Kybernetik sei an dieser Stelle exemplarisch auf die Arbeiten von Francois (1999) und Schramm (2005b) verwiesen.

Aus kybernetischer Perspektive lässt sich der Entscheidungsprozess einbetten in ein zweifaches Wechselspiel komplementärer, kybernetischer Begrifflichkeiten, dargestellt in Abbildung 2. Zunächst liegt er zwischen der regulativen Einflussnahme auf einen komplexen Wirkungszusammenhang und der zirkulären Rückkopplung von Folgen aus diesem Wirkungszusammenhang heraus auf den Entscheidungsprozess zurück. Hier leistet die Kybernetik einen fundamentalen Beitrag, indem sie die *Zielgerichtetheit* von Systemen genau durch dieses Wechselspiel, den kybernetischen Regelkreis, zu erklären vermag. Die Eigenschaft von Entscheidungsprozessen, auf das Erreichen definierter Ziele ausgerichtet zu sein, findet sich hier als funktioneller Aspekt kybernetischer Systeme maßgeblich wieder. Dabei wird die Abschätzung von Wirkungen der zu treffenden Entscheidung derart in die Entscheidungsfindung antizipiert, dass bei gegebenem Kenntnisstand die bestmögliche Handlungsoption gewählt wird. Als bestmögliche Handlungsoption soll hier diejenige Möglichkeit einer eingreifender Maßnahme verstanden werden, mit der eine optimale Erreichung des angestrebten Ziels nach kontextabhängigen Kriterien zu erwarten ist. Dieser als *Feedforward* bezeichnete Kontrollmechanismus kybernetischer Systeme versucht demnach eine Rückkopplung *ex ante* zukünftiger Einflüsse der Entscheidung auf den regulierten Wirkungszusammenhang wie auch die Unterdrückung zukünftiger Störungen *vor* ihrer jeweiligen Wirkung. Die frühe Verfügbarkeit von Informationen über die relevanten dynamischen Prozesse und über mögliche Störungen ist hierbei von entscheidender Bedeutung. Obwohl vom theoretischen Standpunkt ein perfekter Mechanismus, ist gerade in komplexen Wirkungszusammenhängen eine Feedforward-Kontrolle zur Zielerreichung praktisch nicht idealtypisch realisierbar – beschränktes Wissen und naturgegebene Unsicherheiten wirken dem entgegen.

Diese Schwäche einer rein antizipativen Rückkopplung allein auf Basis des vorhandenen Wissens wird durch die Kombination mit *Feedback*-basierten Rückkopplungsmechanismen ausgeglichen. Die Identifikation einer die Zielerreichung störenden Abweichung, kann mittels entsprechender, notwendigerweise negativer Rückkopplungen kompensiert werden. Per definitionem ist dies ein unperfekter Mechanismus – der regulative Eingriff erfolgt immer erst *nach* dem Auftreten einer Störung –, seine Effizienz erwächst jedoch aus der Kontinuität seiner Anwendung. Für den Entscheidungsprozess folgt daraus die wichtige Konsequenz, dass dieser im Allgemeinen nicht durch eine einmalige Entscheidung terminiert wird, sondern in der Folge die Wirkungen der Entscheidung und des sich anschließenden Agierens auf die erwünschte Zielerreichung hin zu überprüfen und Abweichungen gegebenenfalls durch regulative Maßnahmen zu kompensieren sind. Die wiederkehrende zirkuläre Rückführung von Wirkungen auf neue Handlungen ist demnach als Abfolge sukzessiver und damit auch in der Regel die Ausgangsentscheidung bestätigende Entscheidungssituationen zu interpretieren.

Die bisher betrachtete Einbettung in das Wechselspiel von Einflussnahme und Rückkopplung erklärt die Zielgerichtetheit von Entscheidungsprozessen, jedoch nicht die Entstehungszusammenhänge der dazu notwendigen Zielvorgabe – diese wurde bis-

her als gegeben angenommen. Zum tieferen Verständnis der Entstehung einer Zielvorgabe bedarf es der Betrachtung eines zweiten Wechselspiels zwischen objektivierbarer Informationsverarbeitung einerseits und subjektiver Wahrnehmungs-, Analyse- und Schlussfolgerungsprozesse derselben andererseits (vgl. Abbildung 2). Zur Klärung dieses Wechselspiels soll an dieser Stelle zunächst auf den zugrunde liegenden kybernetischen Systembegriff eingegangen werden.

Als *Systeme* bezeichnete Realitätsausschnitte zeichnen sich als Gebilde von *Elementen* und ihren *Relationen* aus, die als zusammengehörige Struktur von ihrer Umgebung abgegrenzt werden. Mit Bertalanffy (1968) ausgedrückt ist ein System eine Menge interagierender Einheiten mit Beziehungen untereinander. Alternativ werden für ‚Elemente‘ oftmals die Begriffe Dinge, Objekte, Sachen, Komponenten, Teile, Bausteine oder Glieder, für ‚Eigenschaften‘, die Begriffe Attribut oder Merkmal und für ‚Beziehungen‘ die Begriffe Zusammenhänge, Relationen, Kopplungen, Bindungen oder Wechselwirkungen verwandt (Fuchs 1969). Der *Zustand* eines Elements bzw. einer Beziehung wird durch die Ausprägung der jeweiligen Merkmale vollständig beschrieben, der Zustand eines Systems als Ganzes folgt aus den Zustandsbeschreibungen seiner Elemente und Beziehungen.

Systeme sind nicht als real existierende Objekte zu verstehen, sondern in Abhängigkeit vom untersuchten Zusammenhang als das Resultat einer Konstruktion des jeweiligen Beobachters. Die Eigenschaften von Systemen als Ganzes werden entscheidend durch die Art ihrer inneren Strukturierung und ihrer Grenzen bestimmt. Der zur Beschreibung und Analyse anzuwendende Formalismus bleibt dabei immer der gleiche. So folgt mit der folgenreichen Einbeziehung des Beobachters in das von ihm konstruierte System zwar die Entstehung einer Meta-Perspektive und damit eine *Systemtheorie zweiter Ordnung*; die sich daraus ergebende neue Qualität von Aussagen darf jedoch nicht darüber hinweg täuschen, dass sich der formale Umgang mit Systemen zweiter Ordnung an keiner Stelle von dem Umgang mit Systemen *erster Ordnung* – also ohne den Einbezug des Beobachters – unterscheidet.

In dem schon beschriebenen Wechselspiel zwischen objektivierbaren Informationsübertragung und subjektiver Wahrnehmungsdimension wird durch die Einbeziehung des Subjekts die Grenze von Systemen erster Ordnung hin zu Systemen zweiter Ordnung überschritten. Die damit verbundene *Kybernetik zweiter Ordnung* begreift ein System nicht mehr als passives, objektiv gegebenes Etwas, sondern als eigenständigen, aktiv mit seiner Umwelt wechselwirkenden Agenten, dessen Beobachtung Interaktion bedeutet und in dem das Resultat von Beobachtung subjektiv ist (Heylighen/Joslyn 2001). Der Entscheidungsträger wird im Prozess der Entscheidungsfindung zum vorausschauenden Beobachter seiner eigenen Handlungen, er agiert auf Grundlage der ihm verfügbaren Informationen, aber auch unter der Begrenztheit seines Wissens.

In begrenztem Umfang ist ein Systemverständnis zweiter Ordnung bereits in der Darstellung des ersten Wechselspiels von Einflussnahme und Rückkopplung enthalten, insoweit hier der Entscheidungsträger als weitgehend mechanistischer Teil des zirkulären Wirkungszusammenhangs mit vorgegebener Zielvorgabe betrachtet wird. Die volle Einbeziehung seiner Subjektivität und eigenständigen Handlungsfähigkeit kommt erst in diesem zweiten Wechselspiel zum Tragen. Die zur Zielgerichtetheit seiner Entscheidung notwendige *Zielbestimmung* beruht damit aus kybernetischer Sicht auf einem hohen Grad an Autonomie des Subjekts und seines Wirkfelds, die aus einer Perspektive zweiter Ordnung heraus als sich selbst organisierende Einheit betrachtet werden müssen. Stellt in einem System erster Ordnung, in dem das handelnde Subjekt nicht als Teil der Dynamik betrachtet wird, das Ziel eine von extern vorgegebene Größe dar, so wird es in einer Perspektive zweiter Ordnung zusammen mit seinem Entstehungsprozess in das System integriert. Das Ziel als Ergebnis von Selbstorganisationsprozessen wird eingebunden in den Systemkontext und interpretierter Teil der selbsterhaltenden Eigenschaften derart komplexer Systeme.

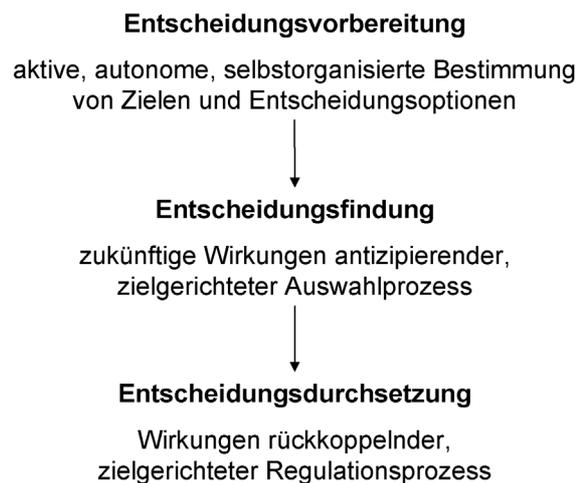


Abbildung 3: Zeitliche Strukturierung des Entscheidungsproblems und Einordnung der drei Phasen des Entscheidungsprozesses in eine kybernetische Perspektive.

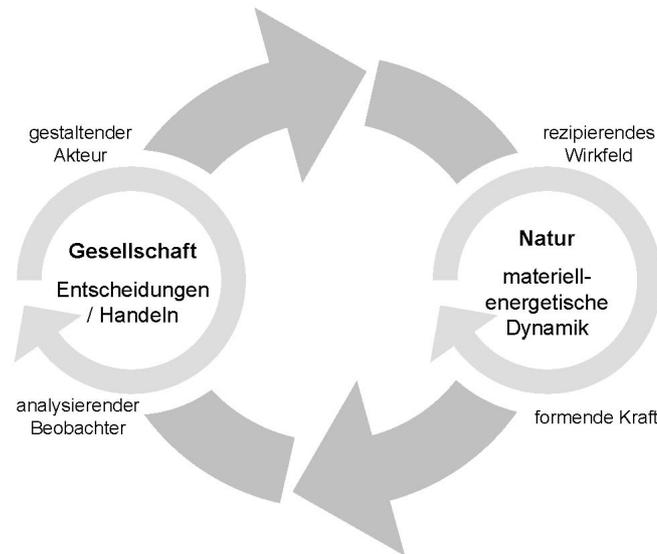
Ein zusammenfassender Blick auf die kybernetische Perspektive in der Analyse von Entscheidungsprozessen kann mit einer Strukturierung des Entscheidungsproblems gewonnen werden. Die zeitliche Gliederung des Entscheidungsprozesses unterscheidet im Allgemeinen zwischen Entscheidungsvorbereitung, Entscheidungsfindung und Entscheidungsdurchsetzung. Die *Entscheidungsvorbereitung* umfasst die Bestimmung von Zielvorgaben – wie vorangehend diskutiert aus kybernetischer Sicht das Resultat eines Selbstorganisationsprozesses zwischen dem entscheidenden Subjekt und seines Wirkfeldes, einem kybernetischen System zweiter Ordnung –, gleichfalls darin eingeschlossen ist die Informationsgewinnung und -verarbeitung sowie letztlich die wissens- und datenbasierte Generierung von Entscheidungsalternativen. Mit der *Entscheidungsfindung* wird der Abwägungs- und Auswahlprozess zwischen den

Alternativen beschrieben, der seine Entsprechung in der Zielgerichtetheit kybernetischer Systeme findet. Die Zielgerichtetheit ist in diesem Stadium zunächst ein Resultat von Feedforward-Mechanismen, zukünftige Wirkungszusammenhänge werden dabei antizipiert. Die den Entscheidungsprozess abschließende *Entscheidungsdurchsetzung* wird im kybernetischen Sinne weniger als Frage seiner praktischen Realisierung, sondern vielmehr als ein Fortschreiten des Entscheidungsprozesses verstanden. Abweichungen und Störungen in der intendierten zielgerichteten Entwicklung werden vom sich selbst regulierenden System identifiziert und durch negative Rückkopplungsschleifen abgeschwächt. Die Zielgerichtetheit des Systems wird mittels dieses Feedback-Mechanismus in seiner Kontinuität gewährleistet. Hervorzuheben ist die große Bedeutung einer Einbeziehung des Entscheidungsträgers mit seiner subjektiven Wahrnehmungsdimension als Bestandteil des von seinen Entscheidungen beeinflussten Wirkungsgefüges. Diese Öffnung hin zu einer Perspektive zweiter Ordnung erlaubt die Eingliederung der ganzen Reichhaltigkeit seiner Handlungsoptionen und schafft damit eine Balance zur Komplexität seines Wirkungsfelds.

#### **4 Das Management von Wasserressourcen aus kybernetischer Systemsicht**

##### **4.1 Die kybernetische Systemsicht**

Nach der Analyse des Entscheidungsprozesses wendet sich der Blick nun zu einer kybernetischen Sicht auf jenes verbundene System von Gesellschaft und Natur, in welchem die Entscheidung getroffen wird. Zwar sind Entscheidungen, auch im Kontext des Managements von Natur- und speziell Wasserressourcen, zunächst ein originärer Bestandteil der gesellschaftlichen Dimension des Systems. Doch tragen sie die naturale Systemdimension als wichtige, die Entscheidung beeinflussende Faktoren wie auch als zentralen Wirkungsbereich untrennbar in sich. Eine integrierte Betrachtung der beiden komplementären Sphären kann aus diesem Grund als Beschreibung des komplexe Zusammenspiels innerhalb eines kybernetischen Regelkreises verstanden werden.



*Abbildung 4: Die Kopplung kybernetischer Regelschleifen ist nicht allein innerhalb der Sphären von Gesellschaft und Natur lokalisiert, sondern erstreckt sich darüber hinaus auch übergreifend auf die komplexen Wirkungszusammenhänge zwischen beiden Sphären. Ihre Eigenständigkeit behaltend können Gesellschaft und Natur dennoch nicht getrennt voneinander betrachtet werden.*

Um dies näher auszuführen, seien zunächst die beiden konstituierenden Sphären in getrennten Betrachtungen beleuchtet. Für das *Natursystem* bedeutet ein derart fokussierter Blick zwar den Einschluss des Menschen als organischen Bestandteil des Systems, jedoch sollen jegliche anthropogen geprägten kulturellen und symbolischen Aspekte unberücksichtigt bleiben. Mit Blick auf biologische Systeme wurde von Wallace (1858) in einem Briefwechsel mit Darwin schon Mitte des 19. Jahrhunderts eine der kybernetischen Betrachtung sehr nahe stehende Perspektive eröffnet: Er verglich die selbstregulatorische Wirkungsweise einer Dampfmaschine mit der naturimmanenten Aufrechterhaltung eines ausbalancierten Entwicklungspfades durch den Existenzkampf zwischen den Arten im Tierreich<sup>5</sup>. Daran anknüpfend kann die Natur verallgemeinert als ein System begriffen werden, das wesentlich durch ausgleichende Rückwirkungen auf fortwährend auftretenden Störungen bestimmt ist. Die Interdependenzen der Systemkomponenten führen über das Wechselspiel von Kooperation und Konkurrenz zu einem sich selbst erhaltenden System. In ihm laufen unter der limitierenden Bedingung endlicher Ressourcen genau jene Prozesse selbst organisiert ab, die eine Erhaltung des Systems als Ganzes gewährleisten. Trotz ständiger Veränderung innerhalb des Natursystems bleibt dabei nach dem von der Kybernetik aufgegriffenen Prinzip des Fließgleichgewichts, der Homö-

<sup>5</sup> "The action of this principle is exactly like that of the centrifugal governor of the steam engine, which checks and corrects any irregularities almost before they become evident; and in like manner no unbalanced deficiency in the animal kingdom can ever reach any conspicuous magnitude, because it would make itself felt at the very first step, by rendering existence difficult and extinction almost sure soon to follow." (Wallace 1858: 62)

ostase, die strukturelle Stabilität im Sinne eines Überlebens der Natur bestehen. Ein Ausdruck dieses Bestrebens findet sich im Le-Chatelier-Braun-Prinzip, auch als Prinzip des kleinsten Zwanges bekannt, wieder. Nach diesem von Le Chatelier im Jahr 1888 formulierten Prinzip, versucht ein im thermodynamischen Gleichgewicht befindliches System, äußeren Zwängen durch unwillkürliche Anpassung anderer, vom Zwang nicht direkt betroffener Zustandsgrößen zu kompensieren. Temperaturerhöhung führt beispielsweise zu verstärkter Wasserverdunstung, die dabei frei werdende Verdunstungskälte wirkt der anfänglichen Temperaturerhöhung kompensatorisch entgegen. Da in seiner Form auf einem Optimalitätsprinzip beruhend, kann in ähnlicher Weise die bekannte Räuber-Beute-Wechselbeziehung gedeutet werden. Ein wachsender Bestand von Beutetieren führt zu einer verstärkten Fortpflanzung der Räuber, auf die in der Konsequenz eine Verminderung des Beutebestands folgt.

Beide Fälle demonstrieren das Prinzip einer negativen Rückkopplung der Wirkung auf die ursächliche Veränderung zurück. Doch selten liegen Regelschleifen in der Natur so deutlich vor und ist ihr Verhalten derart einfach, wie in den Beispielen exemplarisch beschrieben. Drei Gründe führen im Allgemeinen zu einer erheblich komplexeren Situation: das Auftreten von Nichtlinearitäten, das Zusammenwirken vieler Entitäten und die Kopplung einer großen Zahl von Prozessen und Regelschleifen. Bereits im dargestellten Räuber-Beute-System wird in modellbasierten Beschreibungen für gewöhnlich mit nichtlinearen Kopplungstermen gearbeitet. Durch diese kommt es selbst ohne äußere Störungen meist nicht zu einem stabilen Gleichgewicht der Populationen, sondern zu oszillatorischen oder im Falle von mehr als zwei Populationen auch chaotischen Verläufen in der Systemdynamik (Sprott et al. 2005). Die zusätzlich, jenseits der Labor- oder Modellbedingungen auftretende enge Verflechtung sehr vieler, unterschiedlich gearteter Regulationsprozesse erfordert eine sukzessive Erweiterung der erforderlichen Systembeschreibung. Miteinander direkt verknüpfte Regelschleifen und deren Einordnung in Hierarchien von Prozessen auf unterschiedlichen Skalenebenen führen zu einer zunehmenden Berücksichtigung umfassenderer Subsysteme der Natur und letztlich idealerweise der Natur als Ganzes. Eine isolierte Betrachtung erscheint dann nur noch sehr beschränkt möglich, Ursachen und Wirkungen sind Teil eines sich selbst organisierenden und selbst erhaltenden Netzwerks von Prozessen – von kybernetischen Regelschleifen.

Dem Natursystem gegenüber steht das *Gesellschaftssystem*, dass als kybernetisches Regelsystem betrachtet, ähnlich dem Natursystem zunächst von einer rein mechanistischen Perspektive, reduziert auf materielle und energetisch-informationelle Aspekte beschrieben werden kann. Ein enges Netzwerk miteinander gekoppelter Regelschleifen dient auch hier der bereits dargestellten Stabilität und Selbsterhaltung des Systems. Das gesellschaftliche System unterscheidet sich vom Natursystem jedoch im Besonderen durch die neue Dimension der subjektiven Wahrnehmung und des damit einhergehenden Symbolismus. Nach kybernetischem Verständnis existieren keine starren Transformationen von der Wahrnehmung zu handlungsorientierten Realitätsrepräsentation, sondern akteursgebunden sehr unterschiedliche und

veränderbare Einbettungen der sensorischen Informationen in mental konstruierte Wahrnehmungsstrukturen. Gesellschaftliche Regulationsvorgänge basieren auf symbolhaften Wirklichkeitsrepräsentation und normativen Zielsetzungen, umgekehrt haben sie einen entscheidenden Anteil an deren Entstehung und Ausformung. Die Fähigkeit über die Zielgerichtetheit von Regulationsprozessen hinaus auf aktive und mögliche Wirkungen antizipierende Weise eine eigenständige Zielbestimmung vornehmen zu können, unterscheidet die gesellschaftliche Sphäre von der natürlichen. Nicht nur Zielgerichtetheit sondern auch das Ziel selbst, seine Bestimmung und Verfolgung, ist ein Produkt aktiv gestalteter Wechselwirkungsprozesse.

Beispielhaft sei hier das Prinzip von Angebot und Nachfrage angeführt, bei dem die zugrunde liegende Bedarfssituation weit mehr als die rein biologischen Grundbedürfnisse des Menschen wie denen nach Nahrungsmitteln, Wasser, Wärme oder Sexualität widerspiegelt. Der Mensch als soziales Wesen erschafft im gesellschaftlichen Prozess Bedürfnisse und mit diesen verbundene Ziele, die kulturell und gesellschaftlich geformt sind (Becker/Jahn 2006). Anhand der basalen gesellschaftlichen Naturverhältnisse, d.h. Bereichen, die stark durch die anthropologisch vorgezeichneten Lebensfunktionen geprägt sind (Becker/Jahn 2003), wird deutlich, dass der mit Angebot und Nachfrage einhergehende Austausch von Dienstleistungen und Gütern in starkem Maße normativen, inter- und innersubjektiven Kräften unterliegt. Beispiele für solche basalen gesellschaftlichen Naturverhältnisse sind Arbeit und Produktion, Ernährung und Landnutzung sowie Mobilität und Fortbewegung. Die konkrete Ausgestaltung der individuellen Ziele umfasst daher weit mehr als die Notwendigkeit Hunger zu stillen oder den Temperaturhaushalt zu regeln.

Menschliches Handeln beschränkt sich in seinen Wirkungen nicht auf die Gesellschaft allein, sondern greift auf vielfältige und komplexe Weise in das Naturgeschehen ein. Die Natur bildet den stofflichen, energetischen und raum-zeitlichen Rahmen, in dem sich menschliches Handeln vollzieht. Gesellschaftliche Gestaltungsprozesse, die in die Natursphäre hinein wirken, sind daher unüberwindbar von der Dynamik natürlicher Prozesse beeinflusst. Die Kopplung von Regelschleifen erstreckt sich daher nicht, wie in reduzierenden Betrachtungen beschrieben, alleine auf die Subsysteme von Gesellschaft einerseits und Natur andererseits. Sie erstreckt sich vielmehr übergreifend über das System *Gesellschaft und Natur* als Ganzes. Wie in Abbildung 4 veranschaulicht, ist der Mensch analysierender Beobachter und gestaltender Akteur zugleich, die Natur ist rezipierendes Wirkungsfeld und formende Kraft.

An der Schnittstelle zwischen Gesellschafts- und Natursystem stehen die natürlichen Ressourcen. Jegliche Anforderung der Gesellschaft an die Natur kann in diesem weiten Sinne durch den Ressourcenbegriff formalisiert werden. Welcher naturräumlicher Bereich sich aus gesellschaftlicher Perspektive als Ressource darstellt und wie mit dieser umgegangen wird, ist dabei Konsequenz eines komplexen, regulativen Prozesses. Dieser Prozess wird ganz entscheidend durch das Wechselspiel aus nor-

mativ geprägter Bedürfnis- und daran anschließender Bedarfssituation, technischen, ökonomischen und politisch-rechtliche Rahmenbedingungen sowie der naturalen Verfügbarkeit bestimmt. Ganz unabhängig davon, ob dies bspw. die Ressourcen Wasser, Luft oder der Raumbedarf für Landwirtschaft, Infrastruktur und Siedlungsraum betrifft, immer wirken hier gesellschaftliche Prozesse und natürliche Dynamik zusammen. Die kulturell-symbolische Abhängigkeit des Ressourcenbegriffs wird an dem Beispiel des Erdöls deutlich: Vor der Begründung der modernen Erdölwirtschaft mit ihren technischen Möglichkeiten der petrochemischen Verarbeitung des Naturprodukts wurde diesem trotz verschiedener bereits bekannter und nutzbringender Anwendungen (z.B. Bitumen, Lampenöl) keine derart grundlegende gesellschaftliche Funktionalität zugemessen wie in den vergangenen 150 Jahren. Das Verständnis von Erdöl als Ressource erfuhr somit im Verlauf dieser Entwicklung einen tiefgreifenden Wandel.

Zentrales Ziel im gesellschaftlichen Gestaltungsprozess des Umgangs mit den Naturressourcen ist die Sicherung ihrer möglichst verlässlichen und dauerhaften Verfügbarkeit. Damit ist der Gestaltungsprozess Teil des eingangs angesprochenen Bestrebens von Natur- wie auch Gesellschaftssystem nach Stabilität und Selbsterhaltung. Hierbei hängt jedoch die Ausprägung der damit angesprochenen Nachhaltigkeitsorientierung in einzelnen Gesellschaften entscheidend von deren Wertesystem ab, ein Umstand, auf den Casselmann (1997) näher eingeht. Dem gegenüber steht die immanente Eigenschaft derart komplexer Systeme Neues hervor zu bringen, die bestehenden Strukturen zu verändern und unerwartete Entwicklungspfade einzuschlagen. Die Natur unterliegt evolutionären Vorgängen, die Gesellschaft den Kräften von Kreativität und Innovation. Erst diese Charakteristika führen zu der Notwendigkeit von (selbst-)regulativer Stabilisierung.

An der Schnittstelle von Gesellschaft und Natur geschaffene, meist technikbasierte Instanzen versuchen den Grad an Abhängigkeit des Menschen von natürlichen Schwankungen im quantitativen und qualitativen Dargebot einer Naturressource zu reduzieren bzw. sie in einem gesellschaftlich ausgehandeltem und akzeptiertem Korridor zu halten. Die hier auftretenden Regulationsvorgänge beruhen auf den drei grundlegenden kybernetischen Mechanismen von Feedback-, Feedforward- und Buffering-Kontrolle. Die beiden erst genannten aktiven Regulationsmechanismen wurden bereits in der kybernetischen Betrachtung des Entscheidungsprozesses eingehend beleuchtet. Sie erfordern eine wiederkehrende aktive und zielgerichtete Einflussnahme auf den regulierten Gegenstandsbereich. Das Buffering stellt dagegen einen Mechanismus dar, der ähnlich einem stabilen Gleichgewicht Störungen durch passive Absorption oder Dämpfung ohne aktiven Eingriff abzubauen vermag. Der Nachteil des Buffering ist seine Beschränkung auf den Ausgleich von unsystematischen Fluktuationen, eine Regulation unter systematischen Störungen oder von Nicht-Gleichgewichtszuständen ist damit nicht möglich.

Die gesellschaftliche Gestaltung eines Regulationsprozesses ist ohne ein minimales Verständnis der relevanten Systemkomponenten und -prozesse nicht möglich. Die Konkretisierung der Regulation ist das Ergebnis kognitiver Prozesse, in denen der Mensch als analysierender Beobachter ein subjektives Abbild des betreffenden Realitätsausschnitts erschafft und als gestaltender Akteur diese Konstruktion im Sinne eines Vorbilds für seine Entscheidungen und Handlungen heranzieht. Die kognitiven Fähigkeiten des Menschen stellen somit die Grundlage im Gestaltungsprozess der Beziehungen zwischen Gesellschaft und Natur dar. Conant und Ashby (1970) machten diese zentrale Beziehung zwischen reguliertem System und modellhafter Systembeschreibung durch den Satz „every good regulator of a system must be a model of that system“ deutlich. Die Flexibilität der kognitiven Fähigkeit steht dabei in engem Zusammenhang zur Komplexität der gestellten Herausforderung. Nach dem *Law of Requisite Variety* bedeutet Regulation die Verhinderung der Übertragung von Varietät aus der Umgebung auf das regulierte System. Komplexität kann nach Aussage dieses Gesetzes nur durch Komplexität bewältigt, Varietät (von Störungen) nur durch Varietät (von kompensierenden Eingriffen) zerstört werden. Ergänzend fügt das *Law of Requisite Knowledge* die Dimension des Wissens hinzu, in dem die Übertragung von beobachteten Störungen auf regulierende Maßnahmen nicht nur eine ausreichende Varietät in den Maßnahmen voraussetzt, sondern auch höhere Anforderungen an das Wissen über die Übertragungsfunktionen stellt. Werden Regulationsvorgängen gesellschaftlich gestaltet, so muss demnach ihre Komplexität eine Antwort auf die Komplexität der Verflechtungen der relevanten gesellschaftlichen und natürlichen Prozesse sein.

Stößt die Fähigkeit des Menschen in der Konstruktion impliziter, modellhafter Beschreibungen seines Wirkungsbereichs an Grenzen, werden explizite Modelle unterstützend entwickelt und in den Entscheidungs- und Handlungsprozess eingebunden. Als weiterhin subjektiv und damit normativ geprägtes Vorgehen stellt dies eine Möglichkeit dar, die kognitiven Fähigkeiten zu erweitern, die Varietät im Umgang mit dem zu regulierenden System zu erhöhen und ein transparenteres Vorgehen sicher zu stellen. Auch bietet dies zusätzlich die Möglichkeit, die kognitiven Anforderungen an den Entscheidungsprozess problemadäquat und akteurspezifisch zu gestalten. Die Subjektivität von Modellen wird bei Casselmann (1997) auf besondere Weise deutlich, indem sie „Modelle ökologischen Wissens“ als „gesellschaftliche Konstruktion von Natur“ versteht. Das in expliziten Modellen einbezogene Wissen kann den Entscheidungsträger in den an ihn gestellten Kompetenzen graduell entlasten. Nach dem Verständnis der Kybernetik zweiter Ordnung sind neben den gekoppelten Regelschleifen von Gesellschaft und Natur auch die impliziten, mentalen Konstruktionen des Entscheidungsträgers sowie die von ihm unterstützend herangezogenen expliziten Modelle Teile eines selbstorganisierten Regulationsvorgangs. Die Konsequenzen dieser Perspektive werden in den nachfolgenden Abschnitten unter anderem im Hinblick auf die Diskussion von Partizipation und Elaboriertheit der modellhaften Beschreibungen deutlich.

#### **4.2 Partizipation als Element einer kybernetischen Betrachtung**

Warum ist die kybernetische Perspektive auf Entscheidungen in partizipativen, sozial-ökologischen Regulationsprozessen überhaupt interessant? Dazu eine Beleuchtung des Begriffs der „partizipativen, sozial-ökologischen Regulationsprozesse“, da dieser den Schlüssel zu dem Verständnis der Verbindung zur Kybernetik liefern. Da an anderer Stelle ausführlich auf „sozial-ökologische Regulation“ eingegangen wurde (Kluge/Scheele 2003; Hummel/Kluge 2004; Schramm 2005a), soll hier im Besonderen der partizipative Aspekt in seiner Bedeutung hinterfragt werden. Während sozial-ökologische Regulation zunächst nicht explizit spezifiziert, in welchem Maße der Regulierende von seinen Maßnahmen betroffen sein wird, entsteht durch die Partizipation der betroffenen Akteure ein Zirkelschluss, bei dem der an der Regulation Beteiligte auch den Wirkungen seines Handelns ausgesetzt ist. Das Auftreten von Rückwirkungen auf den Handelnden hat entscheidende Implikationen für den Prozess seiner Entscheidungsfindung. Da er nun Teil des regulierten Systems ist, werden neben äußeren Zielvorgaben, die allgemein politischer, gesellschaftlicher oder ökonomischer Natur sein können, innere Ziele zu einem entscheidenden Faktor seiner Entscheidung. Die eigenen Interessen und der eigene Nutzen treten in den Vordergrund gepaart mit dem Bedarf an Information über diesbezügliche Folgen alternativer Handlungen. Als starke Triebkraft kann hierbei die nachhaltige, also langfristig zukunftsorientierte Sicherung der eigenen Bedürfnisse angesehen werden. Der partizipierende Akteur wird im Sinne einer Selbsterhaltung so zu handeln versuchen, dass Veränderungen seiner Umwelt einen stabilen Rahmen auch für die eigene Bedürfnissicherung zur Folge haben. Zielgerichtetes Handeln unterliegt damit den inneren Bedürfnissen und Interessen des Akteurs wie auch den Einflüssen seiner gesellschaftlichen und ggf. institutionellen Einbindung.

Die Verbindung zur Kybernetik ist unmittelbar. Die Zielgerichtetheit des Akteurs wird durch die Partizipation explizit in die Regulation aufgenommen und damit Teil der Regulation. Durch Partizipation wird die Regulation in Natur-Gesellschaftssystemen überhaupt erst zu einem kybernetischen Prozess, was bei einem Rückgriff auf den von Heinz von Foerster 1949 geprägten Namen des damals noch jungen Forschungsfeldes deutlich wird: „Zirkulär-kausale und Rückkopplungsmechanismen in biologischen und sozialen Systemen“ (Pias 2003). Der partizipierende Akteur ist jedoch nicht bloß Teil des Regulationsprozesses im Sinne einer Komponente der Ursache-Wirkungs-Schleife, sondern gleichzeitig ist er auch Beobachter. Der Bogen zur Kybernetik zweiter Ordnung ist geschlagen. Während die Kybernetik erster Ordnung ein System als passives, objektiv gegebenes Etwas begreift, betrachtet es die Kybernetik zweiter Ordnung als eigenständigen, aktiv mit seiner Umwelt wechselwirkenden Agenten, dessen Beobachtung Interaktion bedeutet – hier in dem Sinne, dass Wahrnehmung bewusst oder unbewusst auf die Handlungen des Beobachters Einfluss nimmt – und das Resultat von Beobachtung, also die Beurteilung des Wahrgenommenen und Transformation in Aktionen, subjektiv sind.

## 5 Übertragung auf das Wasserschutzgebietsmanagement Fuhrberger Feld

Im Problemfeld „Fuhrberger Feld“ stellt der Nitratfluss das zentrale, verbindende Element für die in den Entscheidungsprozessen relevanten Aspekte aus den beiden Bereichen von Natur und Gesellschaft dar. Die Berücksichtigung von Niederschlag, Bodenpassage und Grundwassereintrag erfolgt aus der Perspektive des Transports von Nitrat genauso, wie die gesellschaftlich bedingten, naturräumlichen Nutzungen in Form von Landwirtschaft, Grünland oder Forstflächen und die damit einhergehenden Handlungsmuster. Der Nitratfluss ist wegen der Überschreitung angestrebter Grenzwerte der zentrale *Hintergrund von Entscheidungen* und das *Ziel von Regulation*. Er steht mit seiner räumlichen und zeitlichen Ausprägung in der Aufmerksamkeit gesellschaftlicher Wahrnehmung und beeinflusst damit die Gestaltung regulierender Maßnahmen. Dabei stehen natürliche und gesellschaftliche Prozesse nebeneinander und sind ineinander verzahnt.

Ein adäquates Management des Wasserschutzgebiets Fuhrberger Feld sieht sich vor der Aufgabe in seine Maßnahmen alle Akteure aufeinander abgestimmt und zielgerichtet einzubeziehen sowie die Akzeptanz und Motivation durch geeignete Partizipations-, Kommunikations- und Honorierungsverfahren zu erhöhen. Im Rahmen eines integrierten Managementkonzepts wurde dieses Ziel durch den Aufbau eines Umweltinformations- und Honorierungssystems umgesetzt. Wie sich die einzelnen Komponenten der Lösungsstrategie in die kybernetische Betrachtung von Entscheidungsprozessen (Kapitel 3) und des Managements von Wasserressourcen (Kapitel 4) einordnen lassen, wird im Folgenden dargestellt.

### 5.1 Die Ausgestaltung der zirkulären Rückkopplung

Ein wesentliches Resultat des Forschungsvorhabens ist der Aufbau eines engen wechselseitigen Bezugs zwischen *Entscheidungen für Maßnahmen* im Rahmen der forst- und landwirtschaftlichen Praxis sowie der *Rückkopplung* ihrer Wirkungen durch funktionsbezogene Bewertungen und Honorierungen. Dieses kann auf das in Abbildung 2 dargestellte und in Kapitel 3 beschriebene Wechselspiel zwischen regulativer Einflussnahme und zirkulärer Rückkopplung übertragen werden. Als regulative Einflussnahme sollen hier die Maßnahmen in Forst- und Landwirtschaft aufgefasst werden, die in direkter Weise regulierend auf den Nitratfluss des Gebietes, also den zentralen Problembezug, Einfluss nehmen. Als zirkuläre Rückkopplung sind dann die Bewertungs- und Honorierungsverfahren zu verstehen. Diese sind Ergebnis voran gegangener Maßnahmen und wirken primär auf das Verhalten der handelnden Akteure.

Im Sinne der Kybernetik ist das Zusammenspiel zwischen den naturräumlichen Aspekten des Nitratflusses und den handelnden Akteuren als zielgerichtetes, funktionales System zu verstehen. Die *Zielgerichtetheit* zeigt sich in der Art der Rückkopplung mit der die angestrebte Reduzierung und Stabilisierung der Nitratkonzentration erreicht werden soll. Die positive Bewertung und ökonomische Honorierung einer

forst- und landwirtschaftlichen Praxis, die langfristig zu einer Verminderung der Nitratbelastung führt, bedeutet gleichzeitig eine Benachteiligung derjenigen Praxis, die dem entgegen wirkt. Damit ist hier eine *negative Feedback-Schleife* geschaffen, mit der beim Erkennen von Störungen oder Abweichungen vom erwarteten optimalen Entwicklungspfad, Maßnahmen identifiziert werden können, die diesbezügliche Ursachen einzudämmen vermögen. Verdeutlicht wird dies durch eine Gegenüberstellung mit der oftmals angewandten Praxis, Messergebnisse mediengerecht aufzuarbeiten und an die Öffentlichkeit weiter zu geben. Die Konsequenzen des Handelns sind dann zwar kommuniziert, eine Gegenleistung und Unterstützung für umweltgerechtes Verhalten seitens der verursachenden Akteure gibt es jedoch nicht. Die Kenntnis des allgemeinen Problems zieht dann keine ausreichende Rückkopplung des Beitrags individuellen Handelns nach sich.

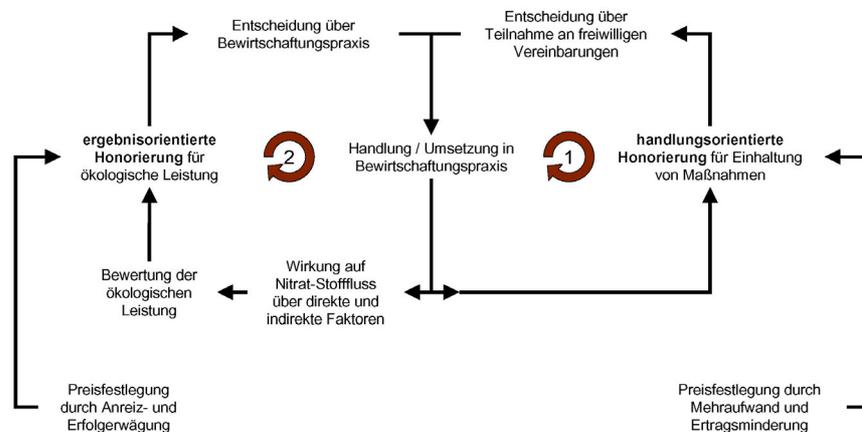


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Handlungsebenen landwirtschaftlicher Akteure im Wasserschutzgebietsmanagement. Beide Honorierungsformen – die handlungs- wie auch die ergebnisorientierte – sind in Rückkopplungsschleifen eingebunden.

Die genaue Festlegung des mit der Rückkopplung angestrebten *Zielzustands* kann im Verlauf zukünftiger Maßnahmen Veränderungen unterliegen, wenn sich abgesehen von neuen Grenzwert-Festsetzungen auch veränderte zeitliche Perspektiven als realistisch erweisen. Zu berücksichtigen ist hierbei ein wichtiges Ergebnis des Forschungsvorhabens, nach dem es trotz entsprechender nitratsenkender Maßnahmen zwischenzeitlich zu einem Anstieg der Nitratkonzentration kommen kann. Die unter vereinfachten Annahmen nahe liegende Erwartung auf direktestem Wege zur Erreichung eines Zielzustandes zu gelangen, muss daher im vorliegenden Fall korrigiert werden, da die natürlicher Rahmenbedingungen eine solche Realisierung nicht zulassen. Stattdessen liefert in dem konkreten Beispiel das Prognosesystem NICOMAT eine Abschätzung über realisierbare Entwicklungspfade hin zum angestrebten Zielzustand, die dann allerdings auch vorübergehende Anstiege der Nitratbelastung aufweisen können. Daraus wird deutlich: Der Zielzustand ist multidimensional. Im konkreten Fall sind in ihm geographische, zeitliche und physikalisch-messtech-

nische Größen miteinander verbunden. Wird eine dieser Größen neu festgelegt, so geht dies mit einer Veränderung der Zieldefinition einher. NICOMAT dient somit als Planungsinstrument, dem auch im Rahmen der Erstellung von Bewirtschaftungsplänen gemäß der EU-WRRRL eine wichtige Funktion zukommen kann (Thiem et al. 2004; Wilde et al. 2003).

Wichtiges und innovatives Element in der *Gestaltung der negativen Rückkopplung* ist der Bezug auf das Ergebnis von Handlungen, der an die Stelle eines reinen Handlungsbezugs tritt. In Abbildung 5 sind beide im Fuhrberger Feld umgesetzten Ansätze einer handlungsorientierten und ergebnisorientierten Honorierung in ihren jeweiligen Rückkopplungsschleifen dargestellt. Zwar brachte eine handlungsorientierte Honorierung bereits in der Vergangenheit eine Verstärkung von umweltgerechter landwirtschaftlicher Praxis, indem durch sie die Einhaltung von Auflagen entlohnt wurde, jedoch erfordert die Ergebnisorientierung nun eigenverantwortliche Bewirtschaftungsentscheidungen. Realisiert wird dies durch ein Bewertungsschema, dass sich aus dem Zusammenwirken problemspezifischer Funktionsfaktoren ergibt. Mit einer geeigneten Wahl dieser Faktoren soll mit dem so gestalteten Honorierungsansatz ein Höchstmaß an Wirkungseffizienz der eingesetzten Gelder und die Sicherung der unternehmerischen Selbständigkeit des Landwirts garantiert werden. Die ökonomischen Rahmenbedingungen verdient eine gesonderte Betrachtung, da sie inhärent auch auf die Rückkopplungsschleifen Einfluss nehmen. Die Nitratbelastung des Trinkwassers ist eine unmittelbare Folge des landwirtschaftlichen Strebens nach einer Steigerung der Erträge. Dabei forcieren die zunehmende nationale und internationale Konkurrenzen sowie die Preisentwicklung in starkem Maße die Entstehung von Hohertragslandwirtschaften mit hohem Einsatz von Düngemitteln und dem Umbruch von Grünland. Beugt sich die Landwirtschaft nicht dieser Entwicklung, kann sie auf dem Markt nicht bestehen, die Anpassung an diese meist wenig nachhaltige Praxis und damit eine weitere Verschärfung des Marktdruckes ist die Folge. Diese äußeren Faktoren wirken demzufolge verstärkend auf die Nutzung der Boden- und Wasserressourcen und damit auch auf die Nitratbelastung. Der wirtschaftliche Aspekt des Honorierungsansatzes wirkt dem entgegen, da der nicht-umweltgerechten Ertragssteigerung ein Verlust durch Nichteintreten von Honorierung entgegen gesetzt wird. In Abbildung 5 ist dies durch die jeweils spezifische Preisfestlegung in beiden Honorierungsformen dargestellt. Nachhaltigkeit wird auf regulierte Weise ein ökonomischer Gewinn, dessen angepasste *Balance* zur Marktsituation gefunden werden muss.

Notwendig für ein angepasstes Bewertungs- und Honorierungssystem ist die Abschätzung der Konsequenzen gegenwärtige Nutzungsmuster auf die zukünftige Entwicklung der Nitratflüsse. In Entscheidungen über den Entwurf einer Rückkopplungsschleife zwischen Akteursverhalten und Akteursbeeinflussung muss daher eine *Antizipation* zukünftiger, erwarteter Ergebnisse der Durchführung von Maßnahmen einbezogen werden. Durch eine derartige Vorwegnahme von Zukünftigem zeichnet sich die *Feedforward-Kontrolle* aus. Wie auch die bereits diskutierten als Feedback-

Kontrolle bezeichneten Rückkopplungsverfahren sind Feedforward-Mechanismen auf eine modellbasierte Beschreibung der betrachteten Zusammenhänge angewiesen. Im Schutzgebietsmanagement des Fuhrberger Feldes übernimmt das Prognosesystem NICOMAT diese antizipative Funktion, indem es Aussagen über zukünftige Veränderungen liefert, die auf jetzige Einflüsse und Maßnahmen zurück gehen. Mit anderen Worten werden, auf der Basis bekanntem Wissens über Prozesse und deren Wechselwirkungen sowie über den empirisch erfassten Zustand des Systems, die Wirkungen gegenwärtiger Handlungen auf die Zukunft des Systems abgeschätzt. Die Aussagekraft von NICOMAT beruht demnach auf den beiden Annahmen einer anhaltenden Gültigkeit bisheriger Erkenntnisse (Stabilitätsannahme) und der problem-adäquaten Erfassung aller relevanten Aspekte (Vollständigkeitsannahme). Zunächst muss das NICOMAT als Feedforward-Verfahren eingestuft werden, werden jedoch Erkenntnisse aus der Anwendung des Prognosesystems in seine Datenbasis, Struktur oder Einflussparameter rückgekoppelt einbezogen, so wird es Teil einer Feedback-Schleife.

Modelle wie das Prognosesystem NICOMAT sind also für eine Abschätzung von Zielen von entscheidender Bedeutung. Mit ihnen lassen sich zukünftige Entwicklungspfade bestimmen, die nach dem derzeit bekannten Wissen über relevante Systemzusammenhänge als realistisch einzuschätzen sind. Mit ihrer Hilfe können Störungen des angestrebten Entwicklungspfades erkannt und geeignete Reaktionen ermittelt werden, mit ihrer Hilfe kann fundiert beurteilt, argumentiert und angepasst gehandelt werden.

## **5.2 Die Perspektive zweiter Ordnung**

Das zweite, in Abbildung 2 dargestellte Wechselspiel zwischen objektivierbarer Informationsübertragung und subjektiver Wahrnehmungsdimension ist ebenfalls Teil des Umsetzungskonzeptes im betrachteten Wasserschutzgebietsmanagement. Einen ersten Anklang fand dies bereits in den eigenverantwortlichen Bewirtschaftungsentscheidungen im Zuge der ergebnisorientierten Bewertungsmaßnahmen. Die objektivierbaren Informationen über das Bewertungs- und Honorierungssystem sowie zur nitratbezogenen Situation im Gebiet des Fuhrberger Felds stehen deren subjektiver Wahrnehmung durch die beteiligten Akteure gegenüber. Die Integration beider Pole erfolgt mittels der drei Komponenten der Steuerungs- und Kommunikationsplattform: der GIS-basierten Fachinformationsplattform, der internetbasierten Kommunikationsplattform und dem interaktiven Prognoseverfahren NICOMAT.

Die drei Komponenten tragen auf ihre jeweils spezifische Weise nicht nur zu einer größeren Transparenz und Akzeptanz von übergeordneten Entscheidungen über das Wasserschutzgebietsmanagement bei. Sie dienen auch der Unterstützung des Partizipationsprozesses, in dem die Akteure mit ihren individuellen Einschätzungen über die Wirksamkeit von Maßnahmen in den Umsetzungsprozess einbezogen werden. Forst- und landwirtschaftliche Akteure sind damit nicht bloß passiv beeinflusste

Bestandteile eines kybernetischen Regelkreises, ihnen kommt gleichzeitig eine aktiv gestaltende und damit Einfluss nehmende Rolle in der Ausbildung der Rückkopplung zu.

Werden darüber hinaus die wasserwirtschaftlichen Institutionen und Entscheidungsträger als ebenfalls aktiv Beteiligte in die Betrachtung des Systemkontextes eingeschlossen, so liegt die Anwendung der Begrifflichkeit einer *Kybernetik zweiter Ordnung* nahe. Innerhalb der Grenzen äußerer Vorgaben über anzustrebende Gütekriterien von Trinkwasser, ökonomischer Marktzwänge und legislativer Verfahren erfolgt eine weitgehend *autonome* Zielbestimmung, deren Ziel in der Erhaltung der Funktionsfähigkeit des anthropogen genutzten Ökosystems und der betroffenen Gesellschaftsstrukturen besteht. Zur Zielgerichtetheit kommt damit das Streben nach *Selbsterhaltung* hinzu. Ausdruck dessen ist mit Blick auf den Naturraum die Erfassung und Einbeziehung des Biotopentwicklungspotenzials und die Erhaltung der natürlichen biogeochemischen Pufferkapazität für Nitrat und Sulfat, mit Blick auf die Gesellschaftsstruktur die Erhaltung des städtebaulichen und wirtschaftlichen Potenzials der Region. In Frage steht ausdrücklich nicht die menschliche Nutzung im Sinne eines „Ob überhaupt?“, diese soll stattdessen im Rahmen einer langfristigen Zukunftssicherung gewährleistet werden, ganz im Sinne eines „Wie am besten?“.

Die Perspektive zweiter Ordnung setzt demnach nicht *im* primären, problembezogenen Regelkreis selbst an, sondern von außen kommend *an* seiner Gestaltung. Das Ergebnis ist die Entstehung eines sekundären Regelkreises auf einer Meta-Ebene, in welchem passive Akteure zu aktiven und beobachtende Akteure zu beteiligten werden.

Innerhalb des Forschungsvorhabens zum Fuhrberger Feld wurde implizit die notwendige Grundlage für den Übergang von einer Perspektive erster Ordnung zu einer zweiter Ordnung geschaffen. Sie diente dem zentralen Zweck der möglichst effektiven und effizienten Sicherung eines langfristigen und nachhaltig wirksamen Trink- und Grundwasserschutzes. Die Beteiligung an der Ausgestaltung von Maßnahmen, die Bereitstellung von Praxisinformationen und die Rückkopplung von Aktivitäten und Wirkungen im Rahmen der Kommunikations- und Steuerungsplattformen ist als Basis für ein rasches und durchgreifendes Wirken auch breit angelegter Maßnahmen anzusehen. Wird dieses Konzept bspw. für großflächigere Gebiete übernommen, so kann eine direkte Ansprache einzelner Akteure nur noch schwerlich vorgenommen werden. Die Kommunikations- und Informationsmöglichkeit des Internets bedeutet hier eine schnellere Informationsausbreitung, welche die Verzögerung zwischen Gestaltung, Initiierung, Durchsetzung und Wirkungen von Maßnahmen verringert.

Die entscheidende Bedeutung der Partizipation und der Berücksichtigung einer Perspektive zweiter Ordnung erwächst aus zwei Gründen: der Komplexität des Ge-

genstandsbereichs und deren vereinfachte Erfassung durch modellgestützte Beschreibungsformen. Besonders deutlich kommt dies im Falle von NICOMAT aufgrund seiner Einfachheit zum Ausdruck. Der stoffliche Problemkreis wird von dem Prognosesystem auf einem relativ unterkomplexen, vereinfachten Niveau durch hochaggregierte Bilanzierungen erfasst. Eine Vielzahl bestehender Interessen und Ziele von Betroffenen wird nur sehr ausschnitthaft abgebildet, viele Implikationen werden in NICOMAT nicht thematisiert. Die modellierte Umwelt weist dagegen eine enorme Vielfalt von Entwicklungsmöglichkeiten und wechselwirkenden Einflüssen auf. Nach dem kybernetischen „*Law of Requisite Variety*“ kann in einer durch Vielfalt gekennzeichneten Umgebung nur durch die Aufbringung einer entsprechenden regulativen Vielfalt erfolgreich zielgerichtet interagiert werden.

Die Vielfalt von NICOMAT liegt nicht etwa in seiner detailgetreuen und wahrheitsnahen Abbildung der Prozesse in dem betrachteten sozial-ökologischen Problemkreis, sondern in der Möglichkeit für einen flexiblen Umgang mit einem eher pragmatischen und stärker umsetzungsorientierten Verfahren auf der Grundlage von Szenariotechnik. Vielfalt entsteht daher in erster Linie durch den Benutzer des Prognosesystems, den Beobachter der Umwelt und den Entscheidungsträger, alle möglicherweise in einer oder wenigen Personen. Ein wichtiges Element dieser Vielfalt stellt daher die Partizipation der Betroffenen und Akteure dar. Die GIS-basierte Fachinformationsplattform und die internetbasierte Kommunikation sind in diesem Zusammenhang als notwendige Voraussetzung für einen erfolgreichen Partizipationsprozess anzusehen. Mit ihnen werden die vorhandenen Grenzen des Wissens überwunden und damit eine wirksame Beteiligung der Akteure unterstützt. Aus kybernetischer Sicht würde dies eine starke Verschiebung von einer Perspektive zweiter Ordnung zu einer Perspektive erster Ordnung bedeuten.

Diese Erkenntnis, die im vorliegenden Fall aufgrund der Einfachheit von NICOMAT auf eine besondere Weise deutlich wird, ist in komplexen Regulationszusammenhängen von wesentlich allgemeinerer Art. Die mit dieser Komplexität einhergehende große Varietät innerhalb der betrachteten Beziehungsgeflechte kann im Rahmen einer Regulation nicht vollständig in expliziten Modellen formalisiert werden. Modelle dienen stattdessen nur als Unterstützung von Handlungen, sie können daher nicht losgelöst von den mentalen Modellen der Akteure betrachtet werden. Die Varietät des Gegenstandsbereichs kann nur in mehr oder weniger reduziertem Umfang in die formale, modellgestützte Beschreibung aufgenommen werden, ein Großteil der für eine wirkungsvolle Regulation notwendigen Varietät ist daher implizit im agierenden Subjekt „verborgen“. Eine Beurteilung der Varietät der regulierenden Komponenten des zirkulären Prozesses muss daher beide Aspekte einbeziehen – die der expliziten formalen und der impliziten mentalen Modelle.

## 6 Erkenntnisgewinn und Grenzen der kybernetischen Perspektive

Die Kybernetik als Wissenschaft über die Funktions- und Wirkungsweisen von Regulation löst sich von der Betrachtung konkreter Ausformungen regulativer Vorgänge eines Systems zu Gunsten übergreifender Beschreibungen und Erklärungsansätzen für die beobachteten Phänomene. Wird die Kybernetik auf die Analyse von Entscheidungsprozessen und ihnen zugrunde liegenden modellbasierten Beschreibungen angewendet, so bezieht sie sich damit nicht auf deren unmittelbare fachbezogenen Details, sondern fügt diese in einen Ordnungsrahmen aus Begrifflichkeiten von Rückkopplungs- und Informationsaustauschprozessen ein. Sie erlaubt daher auf generische Weise eine Integration über unterschiedliche disziplinäre Bereiche wie den Natur- und Sozialwissenschaften, deren Zusammenführung sich oftmals mit großen konzeptionellen Hürden und auch Skepsis verbunden ist. In diesem Sinne kann sie auch in der sozial-ökologischen Forschung eine wesentliche Voraussetzung für die Entwicklung modellbasierter Grundlagen und für die Entfaltung des Konzepts der sozial-ökologischen Regulation darstellen (Hummel/Kluge 2004, Schramm 2005a).

In den vorgestellten Untersuchungen zu Entscheidungsprozessen und diese unterstützende Systeme liefert die Kybernetik Erkenntnisse zum übergeordneten Zusammenwirken der verschiedenen Faktoren im Entscheidungsprozess und der Entstehung eines zielgerichteten Ganzen. Die kybernetische Perspektive lenkt den Blick einerseits auf stark ausgeprägte Aspekte in der Gestaltung von Entscheidungsprozessen und dem betrachteten Management von Naturressourcen, andererseits weist sie gleichsam auf Lücken und weniger betonte Zusammenhänge hin. Der konzeptionell angelegte Fokus auf Rückkopplungsschleifen bedeutet hier, dass die geschlossene Kette von Ursache und Wirkung einer Analyse zugeführt wird, wobei die Ausprägung und Gestaltung ihrer spezifischen Phasen eine besondere Aufmerksamkeit erfährt.

Am Beispiel des Wasserschutzgebietsmanagements im Fuhrberger Feld wird diese Auseinandersetzung mit den Ausprägungen einzelner Phasen des Rückkopplungsprozesses an der Art und Weise deutlich, wie ein in Bezug auf das komplexe Problemfeld stark unterkomplexes Prognosesystem durch eine ausgeprägte partizipative Komponente ergänzt wird. Die Beleuchtung dieser Wechselbeziehung zwischen der Komplexität einer modellbasierten Beschreibung und der Partizipation gesellschaftlicher Akteure wird erst durch die Perspektive einer Kybernetik zweiter Ordnung möglich. Mit der Perspektive zweiter Ordnung werden vormals passive Elemente des primären Regelkreises als aktive Akteure aufgefasst. Zusätzlich werden vorher beobachtende Entscheidungsträger und Modellierende zu ebenfalls aktiv beteiligten Akteuren in der Gestaltung des primären Regelkreises. Nach kybernetischer Auffassung kann ein komplexes Wirkfeld nur durch eine ebenso komplexe Regulation langfristig zielgerichtet beeinflusst werden. Einem Erhaltungssatz gleich folgt daraus, dass der Grad an Komplexität einer expliziten modellbasierten Beschreibung in reziprokem Verhältnis zur notwendigen Komplexität impliziter, mentaler Modelle

steht. Das hochaggregierte Prognosesystem NICOMAT erfordert daher einen hohen Grad an Einbeziehung aller Akteure in Gestaltung und Umgang mit dem Instrument und auch den weiteren Bestandteilen der primären Rückkopplungsschleife, wie dem Bewertungs- und Honorierungssystem. Die Flexibilität erwächst hier nicht aus einer detailreichen Modellierung der Wirkzusammenhänge sondern aus der Flexibilität der Akteure hinsichtlich einer geeigneten Anpassung, Bewertung und Anwendung der Instrumente.

Schließlich reformuliert die Kybernetik zweiter Ordnung die Problematik einer starren Auffassung fest vorgegebener Ziele. Die in der Entscheidungsvorbereitung notwendige Zielbestimmung wird zu einem fortwährenden Prozess, in dem neue Erkenntnisse und neues Wissen adaptiv aufgenommen werden und zu einer Bestätigung oder Umformulierung der Zielbestimmung des primären Rückkopplungsmechanismus führen können. Doch wird die Starrheit einer Zielbestimmung nicht aufgehoben, sondern auf eine übergeordnete Ebene verlagert. Im Fuhrberger Feld zeigte sich dies durch den Übergang von einer handlungsorientierten Festlegung auf die möglichst rasche und zunehmende Reduktion der Nitratkonzentration in einem ergebnisorientierten Vorgehen mit Blick auf die Erhaltung und Sicherung ökologischer und sozio-ökonomischer Potenziale. Dieser Übergang zur Gewährleistung und Sicherung der selbsterhaltenden Kräfte zieht jedoch in diesem konkreten Fall notwendigerweise Phasen mit vorübergehendem Anstieg der Nitratkonzentration nach sich (Bathke et al. 2003: 88ff.). Eine Vermeidung oder Verminderung dieser, dem ursprünglichen Ziel entgegen laufende Prozesse, wäre nur unter einer erheblichen Gefährdung der Selbsterhaltung des gesamten sozial-ökologischen Systems möglich. An dem Beispiel wird deutlich, dass die Kybernetik zweiter Ordnung einen begrifflichen und konzeptionellen Rahmen für die Einbeziehung übergeordneter Ziele bietet. Diese Ziele umfassen die Möglichkeit zu einer umfassenderen Stabilisierung und Erhaltung der Funktionalität komplexer Wirkungsgeflechte. Gleichzeitig spiegeln sie sich in der Konstitution jener zirkulärer Rückkopplungsprozesse wieder, die zu der angestrebten Zielerreichung notwendig sind. Insbesondere auch krisenhafte Zustände, die zu einer Gefährdung des Ziels oder gar der Erhaltung des komplexen Systemzusammenhanges führen können, lassen sich auf phänomenologischer Ebene erfassen. Die Anwendung und Übertragung der Konzepte einer Kybernetik zweiter Ordnung auf die Problembezüge der sozial-ökologischen Forschung eröffnet damit einen disziplinungebundenen Weg zu einer Auseinandersetzung mit den Entscheidungsprozessen, die auf dem Entwicklungspfad zur Erreichung des Ziels liegen.

Die Grenzen des konzeptionellen Rahmens der Kybernetik lassen sich in zwei Richtungen identifizieren. Sie zeigen sich dort, wo die kybernetische Begrifflichkeit nicht in vollem Umfang an Aspekten des betrachteten Gegenstandsbereichs identifiziert werden kann oder aber, in der Umkehrung, wo vorliegende und relevante Aspekte außerhalb des kybernetischen Erklärungsraums liegen. Im ersten Fall ist der kybernetische Ansatz entweder nicht adäquat, da beispielsweise Rückkopplungen nicht sinnvoll sind, oder aber die kybernetischer Sicht weist auf eine spezifische Schwä-

chung im behandelten Entscheidungskontext hin. Solch eine Schwächung kann im Fehlen möglicher und sinnvoller Rückkopplungsschleifen, im Erkennen unterbrochener oder unvollständig ausgebildeter Rückkopplungsschleifen oder auch in der unzureichenden Einbindung von Akteuren aufgezeigt werden. Der zweite Fall verdeutlicht Dimensionen und Ebenen des Entscheidungskontextes, die für das ausgewählte Problemfeld außerhalb der kybernetischen Betrachtung liegen. Letztlich wird hiermit unmittelbar die Frage nach der Festlegung der Grenzen des betrachteten Systems und den damit verbundenen Folgen für die Analyse angesprochen.

## Literatur

- Bathke, Manfred/Ernst Brahm/Heike Brenken/Christina Haaren/Roland Hachmann/Jutta Meiforth (2003): Integriertes Gebietsmanagement. Neue Wege für Naturschutz, Grundwasserschutz und Landwirtschaft am Beispiel der Wassergewinnungsregion Hannover-Nord. Institut für Landschaftspflege und Naturschutz, Universität Hannover. Weikersheim: Margraf Publishers
- Becker, Egon/Thomas Jahn (2003): Umriss einer kritischen Theorie gesellschaftlicher Naturverhältnisse. In: Gernot Böhme/Alexandra Manzei (Hg.): Kritische Theorie der Technik und der Natur. München: Wilhelm Fink, 91-112
- Becker, Egon/Thomas Jahn (Hg.) (2006): Soziale Ökologie – Grundzüge einer Wissenschaft von den gesellschaftlichen Naturverhältnissen. Frankfurt am Main: Campus Verlag. Im Erscheinen
- Bertalanffy, Ludwig von (1968): General System Theory. New York: Braziller
- Casselmann, Manuela (1997): Modelle ökologischen Wissens in der Umweltpolitik – Die gesellschaftliche Konstruktion von Natur als kognitive Deutung, moralische Bewertung, und Ergebnis des Umgangs mit Umweltinformationen. POLIS 22 (Schriftenreihe der Hessischen Landeszentrale für politische Bildung)
- Chorley, Richard J./Barbara A. Kennedy (1971): Physical Geography – a systems approach. London: Prentice-Hall
- Conant, Roger C./W. Ross Ashby (1970): Every good regulator of a system must be a model of that system. International Journal of System Sciences, 1(2): 89-97
- EU (2000): Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften. Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), L 327
- Francois, Charles (1999): Systemics und cybernetics in a historical perspective. Systems Research and Behavioral Science 16: 203-219
- Fuchs, Herbert (1969): Systemtheorie. In: Erwin Grochla (Hg.): Handwörterbuch der Organisation. Stuttgart
- Heylighen, Francis/Cliff Joslyn (2001): Cybernetics and second-order cybernetics. In: Robert A. Meyers (Hg.): Encyclopedia of Physical Science & Technology. New York: Academic Press, 3. Edition
- Hummel, Diana/Thomas Kluge (2004): Sozial-ökologische Regulationen. net-WORKS-Papers, H. 9. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik (difu)

- Keil, Florian (2004): Vom Wissen zum Handeln: Modelle von Mensch-Umwelt-Systemen als konkrete Entscheidungshilfe. Auf dem Weg zu einer integrierten Umweltforschung. *Forschung Frankfurt*, 2: 56–58
- Klug, Heinz/Robert Lang (1983): Einführung in die Geosystemlehre. Einführungen. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- Kluge, Thomas/Ulrich Scheele (2003): Transformationsprozesse in netzgebundenen Infrastrukturektoren. Neue Problemlagen und Regulationserfordernisse. netWORKS-Papers, H. 1. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik (difu)
- Kluge, Thomas/Stefan Liehr/Engelbert Schramm (2006): Strukturveränderungen und neue Verfahren in der Ressourcenregulation. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 25. Frankfurt am Main. Im Erscheinen
- March, James G. (Hg.) (1998): Entscheidung und Organisation. Wiesbaden: Dr. Th. Gabler-Verlag
- Milling, Peter (2002): Kybernetische Überlegungen beim Entscheiden in komplexen Systemen. In: Peter Milling (Hg.): Entscheiden in komplexen Systemen, 1–26. Berlin: Verlag Duncker & Humblot
- Neubert, Susanne/Waltina Scheumann/Anette van Edig/Walter Huppert (Hg.) (2005): Integriertes Wasserressourcen-Management (IWRM) – Ein Konzept in die Praxis überführen. Baden-Baden: Nomos-Verlag, 1. Auflage. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE)
- Pias, Claus (Hg.) (2003): Cybernetics/Kybernetik. The Macy-Conferences 1946–1953. Transactions / Protokolle, Vol. 1, Bd. 1. Zürich-Berlin: diaphanes
- Quadflieg Arnold/Rainer Fuchs/Thomas Heinzelmann-Ekoos/Bernhard Michel/Klaus Binder/Georg Klaus/Joachim Klaus/Dirk Solveen/Hansjörg Wurster (1999): Mehrdimensionale Bewertung der Grundwasserbewirtschaftung am Beispiel des Grundwasserbewirtschaftungsplanes Hessisches Ried. *Wasser & Boden*, 3. COOPERATIVE Infrastruktur und Umwelt GbR
- Rescher, Nicholas (1998): Complexity: A Philosophical Overview. New Brunswick, NJ: Transaction Publishers
- Richardson, Kurt/Paul Cilliers (2001): What Is Complexity Science? A View from Different Directions. *Emergence*, 3(1): 5–22
- Schramm, Engelbert (2005a): Naturale Aspekte sozial-ökologischer Regulation. Zwischenbericht aus dem Analysemodul ‚Ressourcenregulation‘ im Verbundvorhaben netWORKS. netWORKS-Papers, H. 14. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik (difu)
- Schramm, Engelbert (2005b): Genese und „Verschwinden“ der Kybernetik. Ein Literaturbericht. ISOE-Diskussionspapiere Nr. 23. Frankfurt am Main. Im Erscheinen
- Sprott, Julien C./Joseph C. Wildenberg/Yousef Azizi (2005): A Simple Spatiotemporal Chaotic Lotka-Volterra Model. *Chaos Solitons & Fractals*, 26: 1035–1043
- Straaten, Leonardo van/Heike Brenken/Hellmut Thiem (2003): Wasser und andere Umweltleistungen: Multilaterale Kooperation in der Wassergewinnungsregion Nord-Hannover (Fuhrberger Feld); Modellhafte Entwicklung und Erprobung eines integrierten Schutzgebietsmanagements unter dem Primat des Trinkwasser-

- schutzes. Abschlussbericht Aktenzeichen 12068, Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), Hildesheim
- Thiem, Helmut/Andreas Rausch/Markus Glombik (2004): Gebietsmanagement: Grundwasserqualität gemeinsam verbessern. energie|wasser-praxis, 7/8: 14–19
- Vahs, Dietmar (2003): Organisation – Einführung in die Organisationstheorie und -praxis. Reihe: Praxisnahes Wirtschaftsstudium. Schäffer-Pöschel, 4., überarbeitete und erweiterte Auflage
- Wallace, Alfred R. (1858): On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type. In: Linnean Society of London Proceedings Series 3: 53–62
- WHO (1993): Guidelines for drinking-water quality. Volume 1: Recommendations. WHO, Geneva, 2. Edition
- WHO (1996): Guidelines for drinking-water quality. Volume 2: Health criteria and other supporting information. WHO, Geneva, 2. Edition
- Wiener, Norbert (1948): Cybernetics. New York: Wiley
- Wilde, Siegfried/Leonardo van Straaten/Hellmut Thiem/Katja Fürstenberg/Jutta Andresen (2003): Das NICOMAT-Verfahren – ein interaktives Entscheidungshilfesystem ‚Flächenmanagement und Rohwasserqualität‘. KA – Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall, 50(2): 195–201



**In unserer Veröffentlichungsreihe ISOE-Diskussionspapiere bisher erschienen:**

**Kluge, Thomas/Stefan Liehr/Engelbert Schramm (2006):** Strukturveränderungen und neue Verfahren in der Ressourcenregulation. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 25 (im Erscheinen)

**Stieß, Immanuel/Doris Hayn (2005):** Ernährungsstile im Alltag. Ergebnisse einer repräsentativen Untersuchung. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 24

**Schramm, Engelbert (2005):** Genese und „Verschwinden“ der Kybernetik. Ein Literaturbericht. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 23

**Schramm, Engelbert (2004):** Monitoringbasierte Vernetzung und partizipative Synthese. Eine Auswertung integrierter Begleitaktivitäten zu einer BMBF-Förderinitiative. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 22

**Röhr, Ulrike/Irmgard Schultz/Gudrun Seltmann/Immanuel Stieß (2004):** Klimapolitik und Gender. Eine Sondierung möglicher Gender Impacts des europäischen Emissionshandelssystems. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 21

**Franz-Balsen, Angela/Matthias Stadler (2003):** Erwachsenenbildung als Multiplikator für die Kommunikation sozial-ökologischer Forschung in die Gesellschaft. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 20

**Kluge, Thomas/Engelbert Schramm (2001):** Regionalisierung als Perspektive nachhaltigen Wirtschaftens. Konzeptionelle Betrachtungen. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 19

**Zahl, Bente (2001):** Zielgruppenspezifische Freizeitmobilität. Bestandsaufnahme der sozialwissenschaftlichen Forschung. Unter Mitarbeit von Konrad Götz. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 18

**Kluge, Thomas/Alexandra Lux (2001):** Privatisierung in der Wasserwirtschaft. Sozial-ökologische Forschungsperspektiven. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 17

**Sons, Eric (2001):** Innovative Forschungsaspekte „Nachhaltigen Wirtschaftens“. Identifikation der inhaltlichen Kernelemente einer BMBF-Förderinitiative. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 16

**Weller, Ines (2000):** Stand und Perspektiven ökologischer Innovationen im Textilbereich. Ergebnisse der ExpertInnenbefragung und -diskussion. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 15

**Jahn, Thomas/Egon Becker/Immanuel Stieß (2000):** Workshop: „Sozial-ökologische Forschung“. Protokoll des Workshops zur Einrichtung eines neuen Förderschwerpunkts „Sozial-ökologische Forschung“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vom 30.6. bis 1.7.1999 in Bonn. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 14

**Empacher, Claudia/Peter Wehling (1999):** Indikatoren sozialer Nachhaltigkeit. Grundlagen und Konkretisierungen. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 13

**Kluge, Thomas/Engelbert Schramm (1999):** Sicherung der Innovationslinie Bio-  
Puten: Lösungsperspektiven für vermutete Akzeptanzprobleme. ISOE-Diskussions-  
papiere, Nr. 12

**Götz, Konrad (1999):** Ansprüche an ökologische Innovationen im Textilbereich. Zwi-  
schenergebnisse des BMBF-Projektes „Wissenstransfer“. ISOE-Diskussionspapiere,  
Nr. 11

**Empacher, Claudia/Konrad Götz (1999):** Ansprüche an ökologische Innovationen  
im Lebensmittelbereich. Ergebnisse einer Verbraucherbefragung im BMBF-Projekt  
„Wissenstransfer“. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 10

**Empacher, Claudia (1998):** Die Umweltrelevanz der Lebensmittelherstellung: Das  
Beispiel Joghurt und Geflügel. Zwischenergebnisse des BMBF-Projektes „Wissens-  
transfer“. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 9

**Jahn, Thomas (2000):** Social-Ecological Research – Conceptual Framework for a New  
Funding Policy. Synopsis of the Report for the German Federal Ministry of Edu-  
cation and Research. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 8

**Götz, Konrad/Willi Loose/Steffi Schubert (2001):** Forschungsergebnisse zur Frei-  
zeitmobilität. Zwischenergebnisse aus dem UBA-Projekt „Minderung der Umwelt-  
belastungen des Freizeit- und Tourismusverkehrs“. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 7

**Empacher, Claudia/Engelbert Schramm (1998):** Ökologische Innovation und Kon-  
sumentenbeteiligung. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 4

**Kluge, Thomas (1998):** Das ökologische, ökonomische und soziale Potential von  
Umweltabgaben am Beispiel der Grundwasserabgabe. ISOE-Diskussionspapiere,  
Nr. 3.

**Schultz, Irmgard (1998):** Umwelt- und Geschlechterforschung – eine notwendige  
Allianz. ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 2

**Schramm, Engelbert (1998):** Soziale Dimensionen nachhaltiger Wassernutzung.  
ISOE-Diskussionspapiere, Nr. 1

**Informationen** zu unserer Veröffentlichungsreihe ISOE-Diskussionspapiere, zu un-  
seren weiteren Veröffentlichungsreihen und zu Bestellmöglichkeiten unter:

*<http://www.isoe.de/literat/matlit.htm> sowie in unserem Literatur-Flyer, der über das  
Institut angefordert werden kann:*

Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE) GmbH

Hamburger Allee 45

60486 Frankfurt am Main

Tel.: +49 (69) 707 69 19 0

Fax: +49 (69) 707 69 19 11

E-Mail: [info@isoe.de](mailto:info@isoe.de)

### **Das Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE)**

1988 in Frankfurt am Main als gemeinnütziges Forschungsinstitut gegründet, hat das ISOE Pionierarbeit zur Begründung der sozial-ökologischen Forschung in Deutschland geleistet. Das besondere Profil des Instituts besteht darin, sozialwissenschaftliche und naturwissenschaftlich-technische Umweltforschung fachübergreifend zu betreiben und mit dem Wissen verschiedener sozialer Akteure und Akteursgruppen zu verknüpfen. Das Institut gehört damit zu den wenigen Forschungseinrichtungen zur theoriegeleiteten, aber zugleich umsetzungsorientierten Erzeugung transdisziplinären Wissens im Spannungsfeld von Natur und Gesellschaft.

#### **Unsere Informationsangebote:**

Webpräsenz: <http://www.isoe.de>

ISOE-Newsletter Soziale Ökologie (vierteljährlich):

<http://www.isoe.de/service/newsjbf.htm>

ISOE-Newsletter Social Ecology (zweimal jährlich):

<http://www.isoe.de/english/nlorderf.htm>

ISOE-Newsletter zum Thema „Nachhaltiges Regionales Wirtschaften“

(dreimal jährlich): <http://www.isoe.de/service/newsjbf.htm>