Kybernetische Modelle als Hilfsmittel zur Darstellung ökologischer Zusammenhänge

von
Gerhard Schaefer

Der Ökologe steht in Schule, Hochschule und Forschung immer wieder vor dem Problem, wie er das Verhalten der komplizierten dynamischen Systeme, die wir "Ökosysteme" nennen, anschaulich und verständlich darstellen soll. Es ist eine uralte didaktische Erfahrung, daß erstens die Darstellungsart der darzustellenden Objekt- bzw. Begriffsstruktur angepaßt sein muß, wenn die Vermittlung gelingen soll, und daß zweitens die Voraussetzung jeder klaren Darstellung erst einmal die Klarheit des Begriffes selbst ist.
Ich möchte diese Erfahrung an einem Begriff demonstrieren, der in der heutigen Ökologie eine bedeutende Rolle spielt und der Gegenstand eines eigenen Forschungsprojektes zur Begriffsbildung am IPN Kiel geworden ist: am Begriff "Gleichgewicht".
Eine Fragebogenerhebung bei Biologielehrern der gymnasialen Oberstufe mit Hilfe f r e i e r A s s o z i a t i o n s - k e t t e n zum Begriff "Gleichgewicht" ergab das in Abb.1 wiedergegebene Assoziations-Spektrum. Es zeigt, daß bei dieser Population Assoziationen in Richtung "statisches Gleichgewicht" (Waage, Gewicht, Physik, stabil usw.) mit 20 % an der Spitze liegen und daß Assoziationen in Richtung "ökologisches Gleichgewicht" (Ökologie, Schädlinge, Partner usw.) mit 17 % erst an 2. Stelle kommen, etwa in der Rangordnung der "anatomischen Assoziationen" (Bogengänge, Kleinhirn, Flossen usw.) oder der "physiologischen Assoziationen" (Rauchen, Ulcus, Trunkenheit usw.).

Vortrag, gehalten anläßlich der Tagung der "Gesellschaft für Ökologie", Giessen 1972.
Tagungsbericht "Belastung und Belastbarkeit von Ökosystemen"
Anschrift des Verfassers: Dr.G.Schaefer, 23 Kiel, Olshausenstraße 40-60 (IPN).

Wie die Auswertung einer weiteren Stichproben-Erhebung in verschiedenen Altersstufen zeigt, liegt der Schwerpunkt bei den befragten Schülern und Studenten noch viel stärker in Richtung "statisches Gleichgewicht" als bei den ausgebildeten Biologen; die Assoziationen in Richtung Ökologie nehmen nur sehr langsam im Laufe der Ausbildung zu.
Um Gewißheit darüber zu erhalten, wie weit sich das unterschwellige Begriffsmuster, das sich im Assoziationsspektrum niederschlägt, auf den speziellen Bereich der Ökologie überschwellig auswirkt, wurden dieselben Populationen auf eine B e g r i f f s b e s t i m m u n g zum "ökologischen Gleichgewicht" hin befragt.
Das Ergebnis war bei den befragten Biologielehrern folgendes:

43 % der Begriffsbestimmungen enthalten Elemente wie "Konstanz", "Dauer", "Ausgewogensein": statischer Begriff

17 % der Begriffsbestimmungen enthalten Elemente wie "Harmonie", "bestmöglicher Zustand": mythologischer Begriff

43 % der Begriffsbestimmungen enthalten Elemente wie "Lebewesen untereinander": demökologischer Begriff

52 % der Begriffsbestimmungen enthalten Elemente wie "biotische und abiotische Faktoren", "Abfallstoffe der Lebensgemeinschaft": synökologischer Begriff

22 % der Begriffsbestimmungen enthalten Elemente wie "Selbstregulation", "geregelter Zustand", "Zusammenwirken im fördernden und hemmenden Sinn": kybernetischer Begriff

(Die Summe der Prozentzahlen beträgt mehr als 100, weil einige der angegebenen Elemente in mehreren Begriffsbestimmungen zugleich vorkommen, die Begriffe also nicht eindeutig statisch oder ökologisch oder kybernetisch sind)
Es zeigt sich aufgrund dieser Untersuchungen, daß selbst bei ausgebildeten Biologen der überschwellige Begriff "ökologisches Gleichgewicht" nicht eindeutig ist und daß er erhebliche Unschärfen enthält, die einesteils durch Begriffselemente der Statik (43 %!), zum anderen Teil durch mythologische Beimengungen (17 %) bedingt sind.
Um einen Eindruck von der großen semantischen Variationsbreite des Begriffes zu geben, seien drei konkrete Fälle aus unserer Befragung genannt:

Ökologisches Gleichgewicht ist

--- der Zustand in der Natur, der durch eine Konstanz aller Faktoren, Boden, Wasser, Lebewesen u.ä. ausgezeichnet ist. ("Statik").

--- der Wechselbezug zwischen den Individuen eines bestimmten Raumes, der jedem einzelnen ermöglicht, gesund zu sein. ("Mythologie").

--- ein harmonisches Zusammenwirken im fördernden und hemmenden Sinn zwischen Individuen untereinander und zur Umwelt. ("Kybernetik").

Die gedankliche Analyse des ökologischen Gleichgewichts läuft nun aber in Anlehnung an WILBERT (1), SCHWERDTFEGER (2) und FLECHTNER (3) zwangsläufig auf einen k y b e r n e t i s c h e n Begriff hinaus, da ökologisches Gleichgewicht immer ein dynamisches Gleichgewicht eines sich selbst regelnden Ökosystems ist ("homöostatisches Gleichgewicht").

Es wird folgende kybernetische Definition zur Präzisierung des Begriffes "homöostatisches Gleichgewicht" vorgeschlagen (4, nach 5):

> Homöostatisches Gleichgewicht eines Systems ist die kausale Verknüpfung seiner möglichen Transformationen mit den zu ihnen inversen über einen Regelkreis.

Das ökologische Gleichgewicht ist dann derjenige Sonderfall des homöostatischen Gleichgewichts, bei dem das betrachtete System ein Ökosystem ist. Es ist dadurch gekennzeichnet, daß jede Veränderung von selbst über eine Regelkreisbeziehung eine entsprechende Gegenveränderung auslöst, die den alten Zustand wiederherstellt. Das System schwankt in der Regel zwischen konstanten Grenzen (2).

Nach der notwendigen Präzisierung des Begriffs kann nun die Frage gestellt werden, wie wir diesen Begriff zeichnerisch am zweckmäßigsten darstellen. Es geht um eine verzerrungsfreie Abbildung des Begriffs auf eine geeignete Darstellungssymbolik.

Da in der obigen Definition der Begriff "Regelkreis" enthalten ist, liegt es zunächst nahe, zur Darstellung ein für

technische oder physiologische Regelung benutztes Regelkreisschema zu verwenden, etwa das von HASSENSTEIN (6) entwickelte oder das vom Verfasser (7,8) erweiterte "ikonische" Systemschema, das in Abb. 2 wiedergegeben ist.

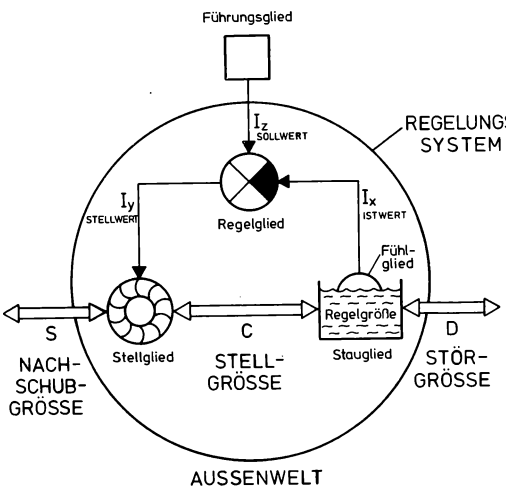

Abb.2:
Differenziertes Systemschema eines technisch/physiologischen Regelkreises. "Ikonisches" Regelkreisschema.

Dieses Schema setzt aber das Vorhandensein von "Meßgliedern", "Reglern", Führungsgliedern" und "Stellgliedern" voraus und gilt außerdem nur für den Fall einer deutlichen Trennung zwischen "Hauptstrom" und "Nebenstrom" des Regelkreises. Diese Bedingungen sind in ökologischen Regelkreisen überwiegend nicht gegeben; es fehlt sowohl an eigentlichen "Meßgliedern" als auch an "Reglern", une eine Trennung zwischen informationsübertragenden "Nebenströmen" und Masse/Energieübertragenden "Hauptströmen" ist nicht durchführbar.
Die gewaltsame Anwendung dieses inadäquaten Schemas auf die Regelung in Ökosystemen führt z.B. zu der grotesken Konsequenz, daß in der Zweierbeziehung Wolf/Reh b e i d e Populationen sowohl Regelgröße (zu regelnde Größe) als auch - für den Partner - Regler sind (9, S.138). Die zum Zwecke der differenzierten Benennung eines technischen Regelkreises geschaffenen Begriffe verlieren hier ihren Sinn.

Besonders gravierend sind die Auswirkungen bzgl. des Begriffes "Sollwert". Dieser für technische und auch physiologische Regelung sehr sinnvolle Begriff hat im ökologischen Bereich kein Korrelat, und seine unkritische Verwendung führt leicht zu der folgenschweren Erwartung, daß es in natürlichen Ökosystemen von außen eingegebene "Sollzustände" geben müsse, die zu erhalten seien. Jede Veränderung wäre dann eine Abweichung, die wieder rückgängig gemacht werden müßte, es sei denn, der hypothetische Sollwertgeber verschöbe den Sollwert in Richtung "Evolution". Wir hätten es dann mit einer sogenannten "Folgeregelung" zu tun.
Natürlich kann der Mensch von sich aus solche Sollwerte setzen und seine Umwelt danach - in bescheidenen Grenzen - regulieren, aber er muß sich darüber im Klaren sein, daß es dann seine eigenen Sollwerte sind und nicht unbedingt die im natürlichen Ökosystem vorhandenen "Normwerte", die sich zwischen den Systempartnern von selbst einpendeln. Diese hängen zwar von dichteunabhängigen abiotischen Außenfaktoren ab (1), aber es hieße das Regelkreisschema sicher überstrapazieren, wollte man behaupten, diese Außenfaktoren würden festlegen, auf welches Niveau sich das Ökosystem einstellen "solle".
Eine für ökologische Regelung angemessenere Darstellungsweise ist das einfache "Pfeildiagramm" (10, 11, 7, 8). Es verzichtet auf eine Differenzierung von Systemgliedern nach Regler, Meßglied usw. und beschreibt nur die Kausalbeziehung zwischen Systemgrößen. Dabei sind drei verschiedene generische Modelle (Zwei-Partner-Systeme) zu unterscheiden.

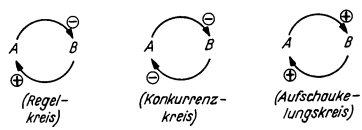

Abb.3: Die drei elementaren (generischen) Kreisprozesse als "Pfeildiagramme zweiter Stufe" (8, 11).

Es sei darauf hingewiesen, daß bei amerikanischen Autoren (z.B. ODUM (12), MEADOWS (13)) zuweilen alle K r e i s - p r o z e s s e überhaupt als "Regelkreise" bezeichnet werden. Dies entspricht aber weder dem Wortsinn der "Regelung" als eines homöostatischen Vorganges noch der durch das DIN-Normblatt festgelegten Regelkreisstruktur.
Durch Verkoppelung der elementaren Strukturen entstehen komplexere Diagramme, die das Verhalten von Ökosystemen in guter Näherung wiedergeben (vgl. den Aufsatz von G.Eulefeld in diesem Band). Es hat sich in mehreren Erprobungen der Curriculum-Einheit "Biologisches Gleichgewicht" (11) gezeigt, daß bereits Schüler der Klasse 6 (10-12-Jährige) diese Darstellungsart gut verstehen und den am Specht-Borkenkäfer-System abgeleiteten Gleichgewichtsbegriff sinnvoll auf andere Ökosysteme übertragen können.
Als Grundmodell einer Räuber-Beute- ("Zehrer-Nährer"-) Beziehung kann z.B. folgendes Pfeildiagramm betrachtet werden:

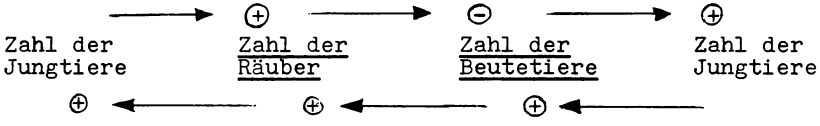

Abb.4: Die Verkoppelung zweier Aufschaukelungskreise zu einem Regelkreis. Grundmodell eines Räuber-Beute-Systems.

Dieses Pfeildiagramm bringt sowohl das P o p u l a t i o n s - w a c h s t u m auf beiden Seiten zum Ausdruck (die dynamischen Komponenten des Systems, die ständig Störungen des Gleichgewichts verursachen) als auch die D ä m p f u n g s - r e l a t i o n zwischen Räuber und Beute, die zu einer Homöostase der beiden Populationen führt.
Es handelt sich hier um den für lebende Systeme so charakteristischen Fall des "begrenzten Wachstums".

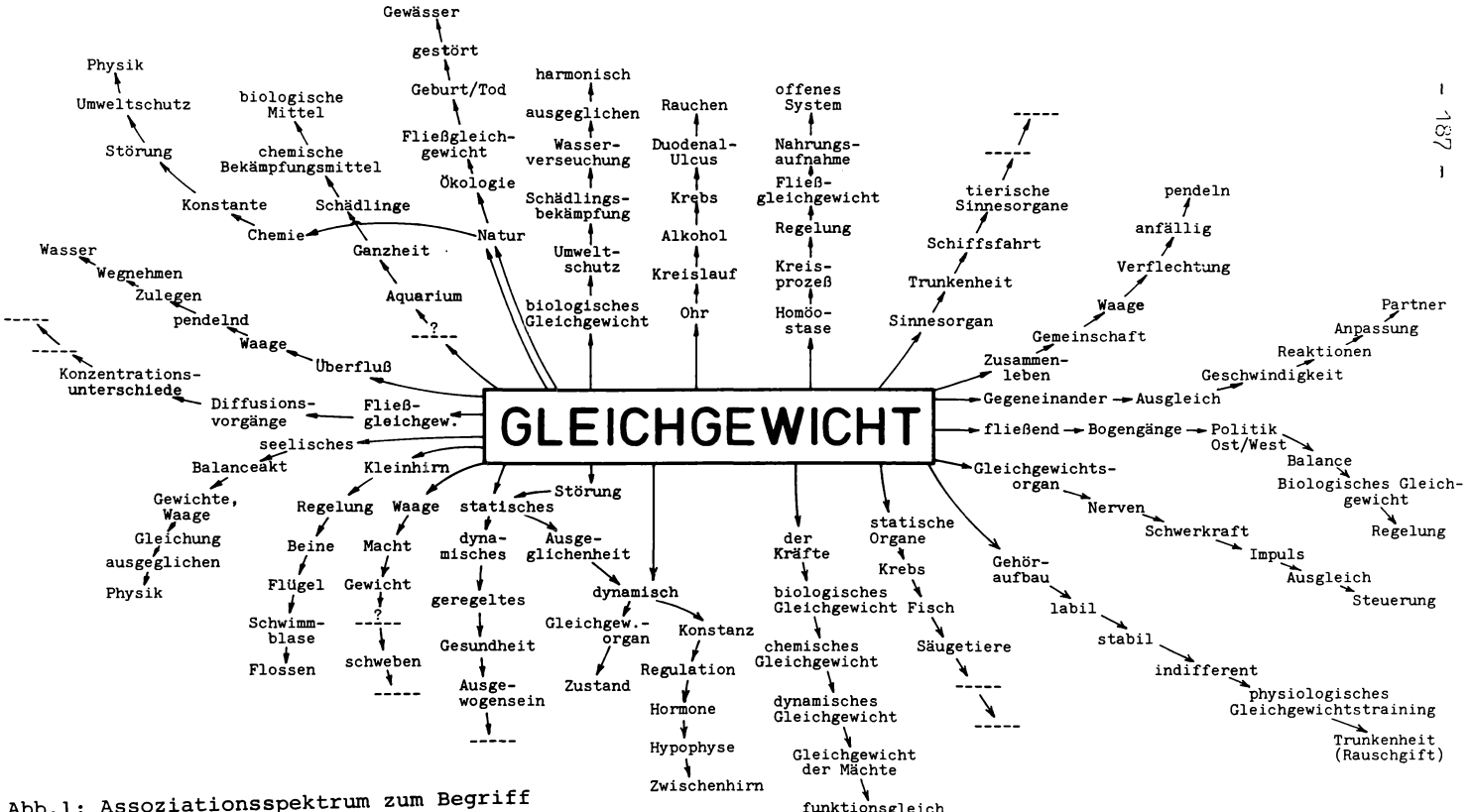

Abb.1: Assoziationsspektrum zum Begriff "Gleichgewicht". (Biologielehrer von Gymnasien, Oberstufe).

Literaturverzeichnis: (1) WILBERT,H.: cybernetic concepts in population dynamics. Acta Biotheoretica 19, 54-81 (1970). (2) SCHWERDTFEGER,F.: Demökologie. Hamburg/Berlin 1968. (3) FLECHTNER,H.J.: Grundbegriffe der Kybernetik. Stuttgart 1969. (4) SCHAEFER,G.: Kybernetische Konzepte als Instrumente für die Begriffsbildung in der Biologie. Unveröffentlichte, zur Habilitation vorgelegte Arbeit. (5) KLAUS,G.: Wörterbuch der Kybernetik. Frankfurt 1969. (6) HASSENSTEIN,B.: Biologische Kybernetik. Heidelberg 1970. (7) SCHAEFER,G.: Kybernetik und Biologie. Stuttgart 1972. (8) SCHAEFER,G.: Probleme der Regelkreisdarstellung. MNU 25, 321-326 (1972). (9) DYLLA,K. u.G.KRÄTZNER: Das biologische Gleichgewicht. Heidelberg 1972. (10) SCHAEFER, G.: Schriftliche Arbeiten zur Themengruppe "Kybernetik". Der Biologieunterricht 7, 35-47 (1971). (11) EULEFELD,G. u.G.SCHAEFER: Unterrichtseinheit "Biologisches Gleichgewicht". Der Biologieunterricht 7, 84-107 (1971). (12) ODUM, E.P.: Ökologie. München 1972. (13) MEADOWS,D.: Die Grenzen des Wachstums. Stuttgart 1972.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1972

Band/Volume: 1972

Autor(en)/Author(s): Schaefer Gerhard

Artikel/Article: Kybernetische Modelle als Hilfsmittel zur Darstellung ökologischer Zusammenhänge 181-188