

Die Regulation der Populationsgröße – ein kybernetischer oder stochastisch-kinetischer Vorgang?

Reinhard Heerkloss

Zusammenfassung

Das Modell des kybernetischen Regelkreises zur Erklärung von Regulationserscheinungen in Populationen (WILBERT 1962) wird kritisch diskutiert. Da in Populationen weder ein Regelzentrum noch Meß- und Stellglieder strukturell fixiert sind, wird empfohlen, an ihrer Stelle stochastisch-kinetische Modelle der Synergetik anzuwenden.

Regulation of population size – a cybernetic or a stochastic-kinetic process?

The model of the cybernetical feedback cycle as applied to regulation phenomena in populations (WILBERT 1962) is critically discussed. There are no control centers and no sensors and effectors structural fixed in populations. It is suggested therefore to apply instead of the feedback model stochastic-kinetic models of the synergetics.

Das theoretische Niveau einer Wissenschaft wird in der Präzision reflektiert, mit der sie Begriffe bildet. In der Ökologie, die auf einem niedrigen theoretischen Niveau steht, spielt deshalb die Diskussion um Begriffsinhalte eine nicht unbedeutende Rolle. Eine Frage ist dabei, inwieweit Phänomene auf supraorganismischer Ebene, also die Dynamik von Ökosystemen, Biozönosen und Populationen im Sinne der Kybernetik interpretiert werden können. Von ENGELBERG, BOYARSKY (1979) wurde sie verneint. McNAUGHTON, COUGHENOUR (1981) und PATTEN, ODUM (1981) meinten demgegenüber, daß man ökologische Zusammenhänge im Sinne der Kybernetik interpretieren könne.

Hier soll ein Teilproblem dieser Diskussion behandelt werden: Die Frage, ob es heuristisch nützlich und dem theoretischen Verständnis zuträglich ist, wenn man die Regulation des Populationswachstums als kybernetischen Regelkreis beschreibt. Seit WILBERT (1962) hat dieser Standpunkt in der populationsökologischen Literatur eine gewisse Verbreitung gefunden. RUTSCHKE, KLAUSNITZER (1984) heben aber hervor, daß für die Dichteregulation weder spezifische Meßfühler noch Regelzentren lokalisierbar sind und lehnen deshalb dieses Modell ab.

Um die Nützlichkeit des kybernetischen Modells kritisch zu analysieren, sollen hier zunächst die Hauptgedanken der WILBERT'schen Arbeit rekapituliert werden. Er geht davon aus, daß die populationsdynamischen Regulationen im Gegensatz zu technischen Regelvorgängen nicht so sehr auf die Konstanzhaltung eines bestimmten Wertes gerichtet seien. Vielmehr werde die Dichtefluktuations nach oben und unten innerhalb bestimmter Grenzen gehalten. Er weist nach, daß nur dichteabhängige Faktoren regulative Funktionen haben können, wobei dem Faktor intraspezifische Konkurrenz die größte Bedeutung zukomme. Mit der Beschreibung des Zusammenhangs zwischen dichteabhängigen Faktoren, dichteunabhängigen Faktoren und der Populationsdichte als Regelkreis möchte er eine größere Klarheit und Anschaulichkeit in der Darstellungsweise erreichen.

Im einzelnen sieht seine Gedankenführung so aus: „Eine konstant zu haltende Regelgröße (die Populationsdichte), die von einer Störgröße (dichteunabhängige Sterblichkeit und Fruchtbarkeit) unregelmäßig verändert wird, setzt durch ihre Abweichungen eine Kausalkette in Gang, welche über einen Regler (dichteabhängiger

Faktor) zu einem Stellglied (dichteabhängige Sterblichkeit und Fruchtbarkeit) führt. Dieses übt auf die Regelgröße einen der Abweichung entgegengesetzten Effekt aus und stellt so den alten Zustand wieder her.“ Die Verhältnisse seien allerdings insofern komplizierter als in der Technik, weil es nicht nur einen, sondern mehrere Regler gebe (intraspezifische Konkurrenz, Räuber, Parasiten) und diese selbst auch dem Einfluß dichteunabhängiger Faktoren ausgesetzt seien. Die Populationsdichte könne deshalb nicht so konstant gehalten werden wie etwa die Temperatur in einem Thermostaten. Es bleibt vielmehr ein größerer Spielraum für Massenwechsel, Die Beeinflussung der Regler durch dichteunabhängige Faktoren, z. B. Witterungseinflüsse, sei eine Sollwertverstellung. Diese Faktoren seien deshalb im Sinne der Kybernetik Führungsgrößen. Auf eine Schwachstelle seiner Konzeption weist er als Fußnote hin: Es seien keine Meßfühler vorhanden, die den aktuellen Wert der Populationsdichte bestimmen und die Information hierüber an die Regler weitergeben.

Bei einer kritischen Betrachtung dieser Gedankengänge muß man zunächst zugehen, daß es im Sinne der Modelltheorie legitim ist, reale Prozesse in vereinfachter Form aus einer bestimmten einseitigen Blickrichtung darzustellen. Die Realität ist immer vielfältiger als jede Theorie. Es reicht aus, wenn das Modell bestimmte Züge der Erscheinungen richtig abbildet. Seine Aussagekraft und damit sein heuristischer Wert können aber unterschiedlich sein. Bei der hier zu diskutierenden Frage geht es also um die Zweckmäßigkeit einer solchen Beschreibung. Weiterhin ist zu bedenken, daß diese Arbeit zu einer Zeit geschrieben wurde, als die Biokybernetik als Wissenschaftsgebiet noch im Entstehen war. Die Suche nach möglichst vielen Anwendungen gehörte zum Trend jener Zeit. Inzwischen wurden die Grenzen des kybernetischen Paradigmas deutlicher fixiert (MARUYAMA 1974, SUTHERLAND 1975) und stochastisch-kinetische Theorien zur Erklärung von Erscheinungen der Selbstorganisation entwickelt (GLANSDORFF, PRIGOGINE 1971, HAKEN 1973), die auch auf verschiedene ökologische Erscheinungen erfolgreich angewendet werden (MAUERSBERGER 1982).

Die Frage, um die es hier geht, lautet also: Erreicht man durch die Anwendung regelungstheoretischer Begriffe mehr Klarheit und Anschaulichkeit beim Verständnis populationsökologischer Erscheinungen oder wird dabei das Spezifische dieser Prozesse durch übermäßige Begriffserweiterung eher verschleiert? Bei einer Antwort auf diese Frage wird deutlich, daß es einen gravierenden Unterschied zwischen dem Inhalt des Begriffes „Regler“ bei WILBERT im Vergleich zu den Anwendungsfällen des Modells in der Technik, Physiologie und Ökonomie gibt. Er ist nicht strukturell fixiert, man könnte auch sagen, nicht anfaßbar. Er stellt vielmehr ein abstraktes Merkmal dar, das der geregelten Erscheinung selbst innewohnt. Dies trifft voll zumindest für die von WILBERT als Hauptregler bezeichnete intraspezifische Konkurrenz zu. Andere dichteabhängige Faktoren, die Räuber und Parasiten sind zwar strukturell faßbar. Sie unterliegen aber selbst genauso vielen Einflüssen und Störfaktoren, wie die zu regelnde Größe selbst. Ein Regel- oder Steuerzentrum im klassischen Sinne befindet sich aber immer im Vergleich zu dem, was es steuert, in einem Zustand relativer Ruhe. Bei den Regelungen in technischen, physiologischen und ökonomischen Systemen besteht darüber hinaus zwischen Meßfühler, Regler und Stellglied ein klares Abhängigkeitsverhältnis informationeller Art. Bei den Regulationsvorgängen in Populationen läßt sich aber weder angeben, welcher Art der Kanal, noch welche materiellen Träger als Signal fungieren. Der Inhalt regelungstheoretischer Begriffe müßte also wesentlich weiter gefaßt werden, wollte man sie auf die Populationsdynamik anwenden. Solche Versuche hat es gegeben. So wird zum Beispiel von manchen Autoren zwischen aktiver und passiver Regelung unterschieden. Es fragt sich aber, ob nicht gerade dadurch die theoretische Darstellung an Klarheit einbüßt, weil fälschlicherweise eine Analogie zwischen technischen Regelvorgängen und populationsdynamischen Prozessen suggeriert wird.

Die Notwendigkeit, kybernetische Regelungsprozesse als Spezialfall des viel allgemeineren Phänomens Regulation aufzufassen, hat Ludwig von BERTALANFFY (1969, S. 97 ff) eingehend begründet. So zeigt das einfache hydrodynamische Modell eines

offenen Systems rein phänomenologisch ein ähnliches Regulationsverhalten wie etwa ein technischer Thermostat. Die zugrunde liegenden Funktionsmechanismen sind aber grundsätzlich verschieden. Gibt es aber für die Regulationsvorgänge in Populationen Modelle, die ihrem Wesen besser entsprechen? Die Antwort auf diese Frage scheint bei den eingangs erwähnten stochastisch-kinetischen Theorien der Synergetik zu liegen.

Die Bemühungen der Synergetik gehen dahin, Erscheinungen der Selbstorganisation verschiedener Strukturniveaus zu erklären. Dabei geht es darum, die Bedingungen für das Entstehen bestimmter Muster aus Zuständen geringerer Ordnung darzustellen (HAKEN 1985). Es werden also die globalen Bewegungsgesetzmäßigkeiten in stochastischen Gesamtheiten erfaßt. Neben physiko-chemischen, physiologischen und sozialen Erscheinungen werden dabei auch populationsdynamische Regulationen wie die Lotka-Volterra-Dynamik untersucht. Es hat den Anschein, daß hier ein Ansatz vorliegt, der entwicklungsfähiger und heuristisch fruchtbarer ist als das kybernetische Regelkreismodell. Dies soll abschließend an einem Beispiel verdeutlicht werden.

Bei der spontanen Bildung dynamischer Muster gibt es Bifurkationserscheinungen. Dabei greifen während einer Instabilitätsphase bestimmte mikroskopische Zufallsprozesse auf die makroskopische Gesamtdynamik über. Um einen Ausdruck der Synergetik zu verwenden: Sie „versklaven“ die übrigen mikroskopischen Prozesse und zwingen ihnen ihre eigene Bewegungsdynamik auf. Das Ergebnis der Bifurkation, beispielsweise die Drehrichtung einer Bernardzelle, ist zufallsbedingt und deshalb nicht vorhersehbar. Hier drängt sich der Vergleich zu populationsdynamischen Erscheinungen auf. Könnte man nicht auch die Variabilität der jahreszeitlichen Entwicklung in Biozönosen auf minimale Unterschiede im Dominanzmuster zum Beginn der Saison zurückführen? Auf jeden Fall wird durch eine stochastisch-kinetische Interpretation populationsökologischer Vorgänge mehr Klarheit und Anschaulichkeit dadurch erreicht, daß sie die starke Rolle des Zufalls in den Vordergrund rückt. Dies ist dagegen bei einer kybernetischen Darstellung, die Zusammenhänge in deterministischen Kausalketten suggeriert, nicht der Fall.

Literatur

- BERTALANFFY, L. von (1969):
General System Theory. Foundations, development, applications. New York: Braziller.
- ENGELBERG, J., BOYARSKI, L. L. (1979):
The noncybernetic nature of ecosystems. — Amer. Naturalist 114, 317–324.
- GLANSDORFF, P., PRIGOGINE, J. (1971):
Thermodynamic theory of structure, stability and fluctuations. New York . . .: Wiley-Interscience.
- HAKEN, H. (ed) (1973):
Synergetics. Stuttgart: Teubner.
- HAKEN, H. (1985):
Synergetik: Selbstorganisationsvorgänge in Physik, Chemie und Biologie. — Naturwiss. Rdsch. 38, 171–180.
- MAUERSBERGER, P. (1982):
Irreversibilität in der Hydrologie. — Sitzungsber. Akad. Wiss. DDR Nr. 4/N, 1–30.
- MCAUGHTON, S. J., COUGHENOUR, M. B. (1981):
The cybernetic nature of ecosystems. — Amer. Naturalist 117, 985–990.
- PATTEN, B. C., ODUM, E. P. (1981):
The cybernetic nature of ecosystems. — Amer. Naturalist 118, 886–895.
- RUTSCHKE, E., KLAUSNITZER, B. (1984):
Kap. 5.4.1 Tierische Populationen. — In: Lehrbuch der Ökologie (R. SCHUBERT, Hrg.), Jena: Fischer-Verlag.
- WILBERT, H. (1962):
Über die Festlegung und Einhaltung der mittleren Dichte von Insektenpopulationen. — Z. Morph. Ökol. Tiere 50, 576–615.

Verfasser: Dr. Reinhard Heerkloss
Sektion Biologie der
Wilhelm-Pieck-Universität
Rostock
DDR — 2500 Rostock 1
Freiligrathstraße 7/8

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Berichte aus der Vogelwarte Hiddensee](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [1985_6](#)

Autor(en)/Author(s): Heerkloss Reinhard

Artikel/Article: [Die Regulation der Populationsgröße — ein kybernetischer oder stochastisch-kinetischer Vorgang? 56-58](#)