Sonderdruck: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Göttingen 1976.

# REALMODELLE ZUR VERANSCHAULICHUNG DES BIOZÖNOTISCHEN GLEICHGEWICHTES

G. TROMMER

*Abstract*

For demonstrating the balance of nature two real models have been developed:
1. Balance of nature as a steady state, which is characterized as a steady state with negative feed-back of the outlet-size on the regulation-size; a trophic-level-model is to be found.
2. For demonstrating oscillation in popular equilibrium a simulation is shown in playing predator and prey.
Both models are proved and evaluated in the secondary school.

## Einleitung

Die aktuelle über die Ökologie bis in Technik und Gesellschaftspolitik hineinreichende Umweltdiskussion beschäftigt sich weitgehend mit der Belastbarkeit, Wiederherstellung, Neueinstellungund Stabilisierung ökologischer Gleichgewichte. Der Umweltunterricht erfährt aus didaktischer Sicht durch Analogiemodelle zu dem theoretischen Konstrukt „ökologisches Gleichgewicht" eine wesentliche Zuordnung, die zur Veranschaulichung und zur Entwicklung von Denk- und Lernstrukturen geeignet ist.

Ein kennzeichnender, in der Realität nicht zu trennender Faktor des ökologischen Gleichgewichts ist das biozönotische Gleichgewicht im Ökosystem. Es wird durch zwei wesentliche, in der Realität nicht zu trennende Aspekte näher beschrieben:

## 1. Das Fließgleichgewicht mit negativer Rückwirkung der Abflußgröße auf die konstant zu haltende Größe

Diese Homöostase wird im allgemeinen als Biomassestrom im Ökosystem dargestellt und in Schulbüchern meistens reduziert als „Nahrungspyramide" veranschaulicht. Das folgende Trophiestufenmodell (Abb. 1) ist geeignet, diese Homöostase zu demonstrieren.

In einem durch eine Pumpe angetriebenen, energietragenden Wasserkreislauf (Kohlenstoffkreislauf) wird einem Wärmeelement (Primärproduktion) ständig über eine Infrarotheizung (Sonnenlicht) Wärme zugeführt. Das Wärmeelement gibt die Wärme an ein Kühlelement (Sekundärproduktion), welches Wärme an die umgebende Raumtemperatur verliert. Über ein Ausgleichsgefäß fördert eine Pumpe das abgekühlte Wasser an das Wärmeelement zurück. Hierbei wirkt die raumgekühlte Wassertemperatur des Kühlelementes auf die infrarotbeheizte

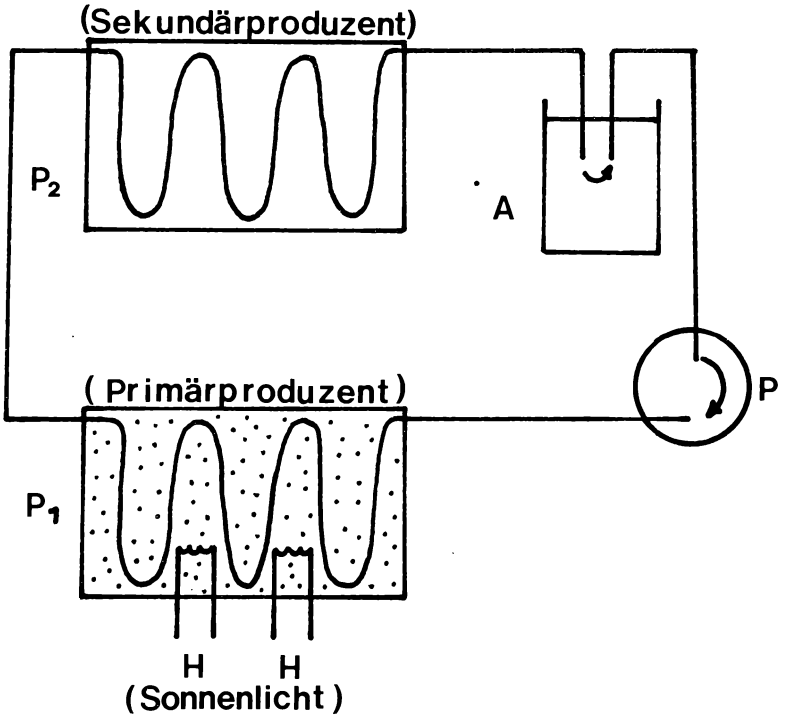


*Abb. 1.* Schema zum Realmodell eines Fließgleichgewichtes mit negativer Rückwirkung der Abflußgröße auf die konstant zu haltende Größe (Erklärung im Text). A Ausgleichsgefäß, $P_1$ Wärmeelement, $P_2$ Kühlelement, P Pumpe, H Heizung, → Wasserkreislauf (Kohlenstoffkreislauf).

Wassertemperatur des Wärmelementes negativ zurück. Dieses „Trophiestufenmodell", in dem sich ein konstantes Fließgleichgewicht einstellt, vernachlässigt jedoch einen wesentlichen Aspekt des biozönotischen Gleichgewichts:

## 2. Das um Mittelwerte schwankende interpopulare Gleichgewicht

Dieser Aspekt ergänzt das unter 1.) beschriebene Gleichgewicht wesentlich. Das komplexe, oszillierende, biozönotische Gleichgewicht läßt sich anschaulich auf theoretische Zweipartnermodelle zwischen Nahrungs- und Feindfaktor reduzieren.

Experimente mit biologischen Objekten zur sog. „Räuber-Beute-Beziehung", die unter schulnahen Bedingungen durchzuführen sind, gibt es bisher nicht. Daher wurde ein Simulationsspiel entwickelt, in dem folgende ökologische Grundprinzipien enthalten sind:

1. im ökologischen Optimum vermehrt sich jede Population unbegrenzt;
2. mit zunehmender Einwirkung limitierender Faktoren nimmt in jeder Population intrapopulare Konkurrenz zu;

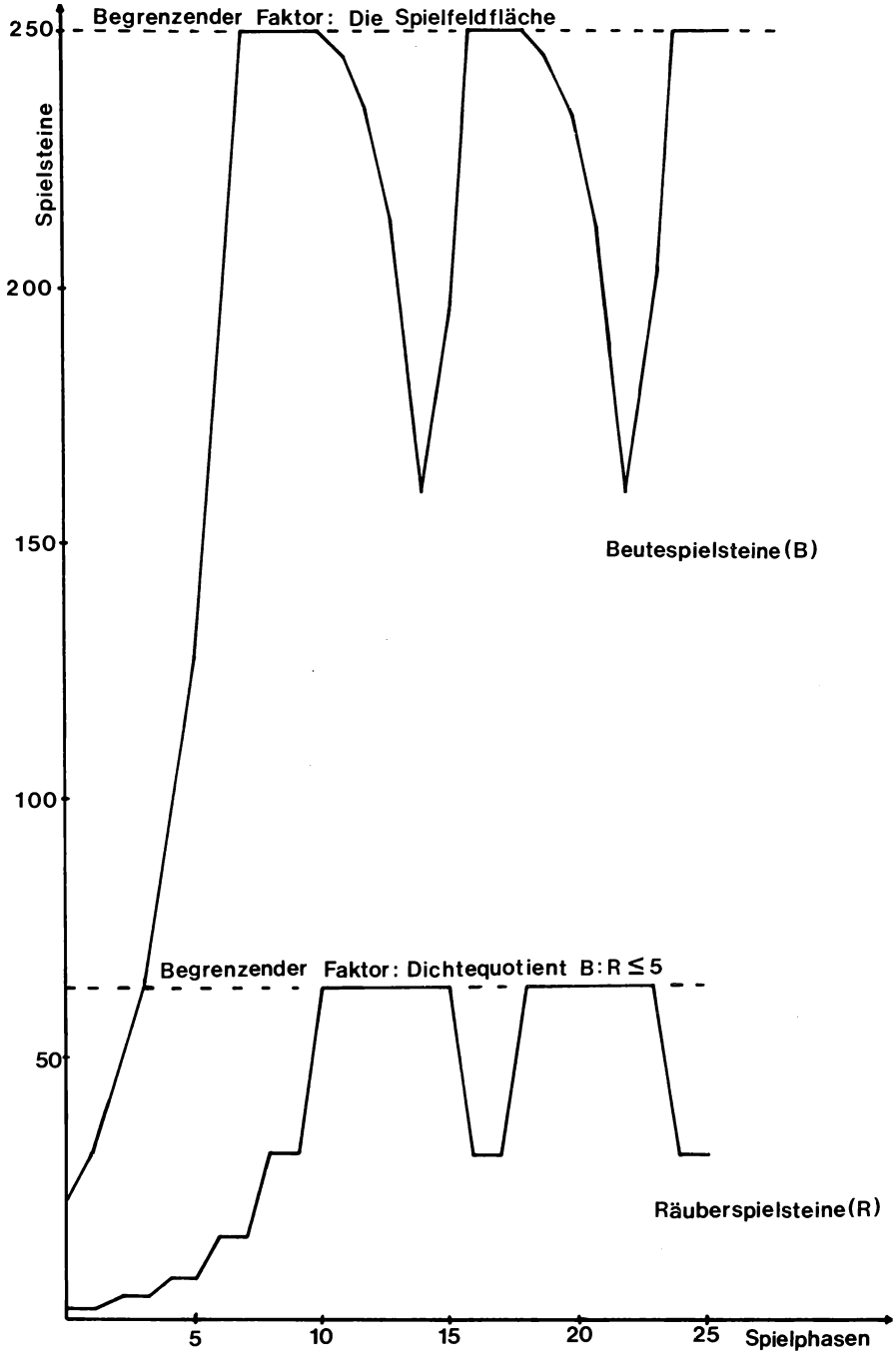


*Abb. 2.* Protokollierter Verlauf des Räuber-Spiels.

3. Vermehrung und Verminderung von Nahrungs- und Feindfaktor hängen von der Populationsdichte ab;
4. zwischen Feind- und Nahrungsfaktor besteht eine negative Rückwirkung;
5. die Lotka-Volterra-Gesetze gelten.

Nicht berücksichtigt werden in dem Simulationsspiel:
1. tatsächlich vorkommende Zahlenverhältnisse, Vermehrungs- und Sterberaten;
2. ein spezifisches Verhalten von „Räuber" und „Beute";
3. eine bestimmte Wahrscheinlichkeit, mit der sich „Räuber" und „Beute" im Raum begegnen.

Kurzdarstellung des Simulationsspiels

An dem im Unterricht auf der gymnasialen Oberstufe im Heinricht-Nordhoff-Gymnasium in Wolfsburg erprobten Simulationsspiel sind jeweils vier Spieler beteiligt: Spielleiter, Protokollführer, Beutespieler, Räuberspieler. Der Spielleiter hat in dem Spiel die Funktion eines Zeitgebers. Er ruft nach einem Spielphasenplan die Spieleinsätze seiner Mitspieler ab.

Nach dem Setzen der Anfangsmengen (24 Beutespielsteine gegen 2 Räuberspielsteine) gibt der Spielleiter in den Spielphasen mit ungeraden Zahlen nacheinander die Spielimpulse:
1. Räuber frißt! (Verminderung der Beutespielsteine) –
2. Beute verdoppelt sich! – 3. Protokollführer trägt Spielsteinmengen gegen die Spielphasen auf! (s. Abb. 2)

In den Spielphasen mit geraden Zahlen verteilt der Spielleiter die Spielimpulse: 1. Räuber frißt! (s.o.) – 2. Räuber-population! (Vermehrung, Verminderung oder Stagnation der Räuberspielsteine) – 3. Beute verdoppelt sich! – 4. Protokollführer trägt Spielsteinmengen gegen die Spielphasen auf! (s. Abb. 2)

Beute- und Räuberspieler verleihen den von ihnen geführten Spielsteinmengen – welche selbst handlungsunfähig sind – die notwendige Aktionsfähigkeit.

Die Verminderung der Beutespielsteine geschieht in Abhängigkeit vom Dichtequotienten Beutespielsteine: Räuberspielsteine (= x).
Die Verminderungsmenge der Beutespielsteine wird in Räuberspielsteinen angegeben (= $n_R$): → Pfeil bedeutet: „daraus folgt";

$$x > 10 \rightarrow 4 \cdot n_R;\ 5 < x \leq 10 \rightarrow 2 \cdot n_R;\ x \leq 5 \rightarrow 2 \cdot n_R.$$

Verminderung und Vermehrung der Spielsteine für die Beute findet in jeder Spielphase statt. Die Vermehrung beträgt stets das Doppelte der vorhandenen Beutespielsteine bis zum begrenzenden Faktor der auf 250 Spielsteine ausgelegten Beutespielfläche.

Vermehrung, Verminderung bzw. Stagnation der Räuberspielsteine (= $n_R$) findet in jeder 2. Spielphase in Abhängigkeit vom Dichtequotienten x (s.o.) statt:

$$\left.\begin{array}{l} x > 10 \\ 5 < x \leq 10 \end{array}\right\} \rightarrow 2 \cdot n_R;\ x \leq 5 \rightarrow n_R;\ x \leqslant 3 \rightarrow \frac{n_R}{2}\ .$$

Der Protokollführer registriert den Spielverlauf, indem er die Spielsteinmengen von Räuber und Beute gegen die Spielphasen aufträgt (Abb. 2). Das Spiel enthält keine Freiheitsgrade. Es ist in der in Abb. 2 dargestellten Weise reproduzierfähig, sofern die Anweisungen genau befolgt und keine Rechenfehler gemacht werden.

Ausführliche Angaben über die leicht zu beschaffenden Spielmaterialien, über die Spielregeln, sowie über Anregungen zur Auswertung des Spieles sind der angegebenen Literatur zu entnehmen.

## Zusammenfassung

Für folgende Aspekte des biozönotischen Gleichgewichtes wurden Realmodelle entwickelt:

– für das Fließgleichgewicht mit negativer Rückwirkung der Abflußgröße auf die konstant zu haltende Größe ein Trophiestufenmodell;

– für das um Mittelwerte schwankende interpopulare Gleichgewicht ein Simulationsspiel.

Die Modelle wurden im Unterricht auf der gymnasialen Oberstufe in der Sekundarstufe II erprobt.

## Literatur

Trommer, G. (1976): Wachstum von Räuber- und Beutepopulation. In: Schaefer, Trommer & Wenk (Hrsg.): Wachsende Systeme, Westermann Verlag, Reihe Leitthemen, Braunschweig, 205–236.

Anschrift des Verfassers:

G. Trommler, Lehrstuhl Didaktik der Biologie, PHN, Abt. Braunschweig, Braunschweig.

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1977

Band/Volume: 6_1977

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

Artikel/Article: Realmodelle zur Veranschaulichung 545-549