

# Seesterne-Weitwurf in den 1960ern

Die verschiedenen Umweltschutzkonzepte präsentieren sich dem allgemeinen Verständnis mit unterschiedlichen Schwierigkeitsgraden. Dass es zum Beispiel Gesetze zum Gewässerschutz braucht, scheint den meisten klar – wir wollen ja schliesslich keine Fische aus mit Giftstoff verseuchten Gewässern verpeisen. Die Notwendigkeit der Eindämmung des CO<sub>2</sub>-Ausstosses – Stichwort Klimaveränderung – ist ebenfalls einleuchtend. Da uns entsprechende Massnahmen allerdings ein gewisses Mass an Verzicht abverlangen, gestalten sich die entsprechenden Gesetzesänderungen bedeutend schwieriger. Geht es schliesslich um Massnahmen zur Erhaltung der Biodiversität, wird die Sachlage für viele zu abstrakt und kompliziert – was kann das Aussterben einiger Frösche, Vögel und Käfer schon für eine gesellschaftliche Bedeutung haben!

Mit Alexander von Humboldt begannen wir, die Natur als «Netz des Lebens» zu verstehen, in dem «alles mit allem zusammenhängt». Das im Folgenden beschriebene Experiment wurde rund hundert Jahre nach Humboldt durchgeführt und war ein Meilenstein in der Erforschung ökologischer Systeme.

## Hintergrund des Experiments

Für die Biologie waren die 1950er- und 1960er-Jahre eine Zeit der Revolution. Zehn Jahre nach Entdeckung der Doppelhelixstruktur der DNA hatte man begonnen, die molekularen Regeln des Lebens zu entschlüsseln, was zu Dutzenden Nobelpreisen, bahnbrechenden Umwälzungen in Biologie und später der Medizin führte und viel mediale Aufmerksamkeit generierte. Zeitgleich – und gänzlich ausserhalb dieses Rampenlichts – begannen andere Biologinnen und Biologen, die ökologischen Regeln zu entschlüsseln, welche die Anzahl und Art von Tieren und Pflanzen an einem bestimmten Ort regulieren.

Während seiner Doktorarbeit, beobachtete Robert Paine parallel zu den Brachiopoden, welche er eigentlich hätte untersuchen sollen, auch zahlreiche Raubschnecken, welche bei Ebbe jeweils freigelegt wurden. Er machte detaillierte Notizen darüber, wer wen gefressen hatte, und stellte fest, dass es ausnahmslos immer eine grössere Schnecke war, die eine kleinere verschlang. Aber grösseren Schnecken assen nicht alles, was kleiner war. Die mehrere Kilogramm schwere Pferdeschnecke zum Beispiel er-



Seesterne werfer und Revolutionär der Ökologie: Robert Paine. (Foto von Anne Paine)



Seesterne halten die Muscheln im Zaum, so dass sich Algen und kleinere Tiere in der Gemeinschaft halten können. (Foto: David Cowles, rosario. wallawalla.edu/inverts)

nährte sich fast ausschliesslich von anderen Schnecken und schenkte kleineren Beutetieren wie den Muscheln, die die Hauptnahrung der kleineren Schnecken darstellten, kaum Beachtung.

Während Paine in Florida Raubtiere aus nächster Nähe beobachtete, sinnierte sein Doktorvater, Frederick Smith, in seinem Büro darüber, was für Prozesse wohl für die Grösse von Tierpopulationen verantwortlich sind. Eine damals kursierende Ansicht war, dass Populationsgrössen durch physikalische Bedingungen wie das Wetter gesteuert würden – eine Idee, welche Smith aufgrund der daraus folgenden quasi-zufälligen Populationsschwankungen ablehnte. Smith stellte sich die Nahrungskette als in verschiedene trophische Ebenen unterteilt vor, je nachdem, was sie verzehrten. Ganz unten befanden sich die Destruenten, die organische Abfälle abbauen, und darüber die Produzenten – die Pflanzen, die auf Sonnenlicht, Regen und Bodennährstoffe angewiesen sind. Auf der nächsten Ebene kamen die Konsumenten, die Pflanzen fressen, und darüber schliesslich die Raubtiere, die die Pflanzenfresser fressen. Die damals gemeinhin akzeptierte Grundthese besagte, dass jede Ebene die Populationsgrössen der nächsthöheren Ebene begrenzte; dass Populationen also von unten nach oben positiv reguliert wurden.

Aber Smith und zwei seiner Kollegen, Hairston und Slobodkin, dachten über eine Beobachtung nach, die im Widerspruch zu dieser Ansicht zu stehen schien: Unsere Welt ist grün! Sie wussten, dass Pflanzenfresser im Allgemeinen nicht die gesamte verfügbare Vegetation vollständig fressen. Für Smith

und seine Kollegen bedeutete das, dass es für Pflanzenfresser keine Nahrungsbeschränkungen gab und dass etwas anderes die Pflanzenfresserpopulationen begrenzte. Sie glaubten, dass es sich bei diesem Etwas um die Raubtiere auf der nächst höheren Ebene handelte; dass die Pflanzenfresserpopulationen also von oben und negativ reguliert werden. Die Beziehungen zwischen Raub- und Beutetieren wurde damals schon seit langem von Ökologen untersucht. Man ging jedoch davon aus, dass die Verfügbarkeit von Beutetieren die Anzahl der Raubtiere regulierte und nicht umgekehrt.

Der Vorschlag, dass Raubtiere als Ganzes die Beutepopulationen regulieren, war eine radikale Wendung und so stark umstritten, dass sich Fachzeitschriften eineinhalb Jahre lang weigerten, den entsprechenden Artikel zu publizieren (Hairston 1960). Eine berechtigte Kritik dieser Idee war, dass der Artikel zu wenige Beispiele auflistete und sie deshalb einer Überprüfung und weiterer Beweise bedurfte.

### Robert Paine und die Mukkaw Bay

Auf einer Exkursion im Jahre 1963 mit Studenten an die Pazifikküste landete Robert Paine, inzwischen frisch ernannter Assistenzprofessor an der Universität von Washington in Seattle, zum ersten Mal in der Mukkaw Bay an der Spitze der Olympic-Halbinsel. Die geschwungene Bucht war nach Westen hin ins offene Meer ausgerichtet und mit grossen Felsvorsprüngen übersät. Zwischen den Felsen entdeckte Paine eine Gemeinschaft farbenfroher Lebewesen – grüne Anemonen, violette Seeigel, rote Seesterne.



Entlang der Felswände legte die Ebbe Streifen verschiedener Seepocken-, Muscheln- und Seesternspezies frei. Einen Monat später begann eines der wichtigsten Experimente in der Geschichte der Ökologie.

Paine hatte erkannt, dass die als «HSS» (Hairston, Smith, Slobodkin) bekannt gewordene Hypothese nur auf Beobachtungen basierte und dass es zu ihrer argumentativen Untermauerung einer Situation bedurfte, welche experimentell manipuliert und ausgewertet werden konnte. So kehrte Paine einen Monat nach der Exkursion mit seinen Studenten bei Ebbe zurück in die Mukkaw Bay. Mit einem Brecheisen ausgestattet, löste er jeden violetten oder orangen Seestern, packte ihn und schleuderte ihn so weit er konnte hinaus in die Bucht. Auf diese Weise entfernte er die Raubtiere und konnte beobachten, wie sich die Populationsgrößen der nächst tieferen trophischen Ebene entwickeln würden.

Ein- bis zweimal im Monat kehrte Paine zur Mukkaw Bay zurück, um sein Seestern-Weitwurfritual zu wiederholen. Eine angrenzende Stelle liess er dabei als Kontrollparzelle unberührt. Auf beiden Parzellen zählte und berechnete er Populationsgrößen und -dichten von 15 Arten. Ausserdem untersuchte er über eintausend Seesterne, um das Mukkaw-Nahrungsnetz aufzuschlüsseln.

Nach drei Monaten hatten sich die Seepocken ausgebreitet und nahmen bis zu 80 Prozent der verfügbaren Fläche ein. Nach einem Jahr wurden die grösseren Eichel-Seepocken von kleineren, aber schnell wachsenden Gänse-Seepocken und Muscheln verdrängt. Darüber hinaus waren vier Algenarten weitgehend verschwunden und zwei Schnecken- und Chitonarten hatten die Parzelle verlassen. Obwohl die Seesterne keine Beute machten, waren auch die Populationen der Anemonen und Schwämme zurückgegangen. Allerdings stieg die Population einer kleinen Raubschnecke um das 10- bis 20-fache. Insgesamt hatte die Entfernung des räuberischen Seesterns die Vielfalt der Gezeitengemeinschaft schnell von ursprünglich 15 Arten auf acht reduziert.

Die Ergebnisse dieses einfachen Experiments waren erstaunlich. Sie zeigten, dass ein Raubtier durch seine Beute die Zusammensetzung der Arten in einer Gemeinschaft kontrollieren konnte – es kontrollierte sowohl die Tiere, die es frisst, als auch die Tiere und Pflanzen, die es nicht frisst.

Mehrere Jahre nach Beginn des Experiments rückte die Muschelreihe am senkrechten Felsen fast einen Meter nach unten vor, wobei sie den grössten

Teil des verfügbaren Raums beanspruchte und alle anderen Arten vollständig verdrängte. Paine erkannte, dass die Seesterne ihre starke Wirkung vor allem dadurch entfalteten, dass sie die Muscheln in Schach hielten. Für die Tiere und Algen der Gezeitengemeinschaft war Platz eine wichtige Ressource und die Muscheln waren starke Konkurrenten um ebendiesen. Ohne Seesterne übernahmen sie die Macht und verdrängten andere Arten. Das Raubtier stabilisierte die Gemeinschaft, indem es die Population der konkurrenzdominierenden Arten kontrollierte.

### Schlüsselarten und trophische Kaskaden

Die dramatischen Ergebnisse der Mukkaw Bay-Experimente bestätigten die HSS-Hypothese und der Seestern wurde zum ersten Vertreter des durch Paine geprägten Begriffs der «Schlüsselart» (engl. «keystone species»). Die Entdeckung trophischer Kaskaden war aufregend. Die vielen indirekten Auswirkungen, die durch die Anwesenheit oder Abwesenheit von Raubtieren verursacht wurden, waren überraschend, weil sie bis anhin unvorstellbare Zusammenhänge zwischen den Lebewesen offenbarten. Schlüsselarten und trophische Kaskaden stellten sich im Verlaufe der folgenden Jahrzehnte als allgemeine Merkmale von Ökosystemen heraus und bildeten die Grundlage der Regulierungsregeln, die die Anzahl und Art der Lebewesen in einer Gemeinschaft regeln. Aufgrund ihrer inzwischen anerkannten regulatorischen Rolle sind Paine und viele andere Biologinnen und Biologen über den Verlust grosser Raubtiere im vergangenen Jahrhundert zutiefst besorgt.

Heutzutage hat natürlich ein Raubtier mehr Einfluss als alle anderen. Wir Menschen haben eine aussergewöhnliche ökologische Situation geschaffen, in der wir in allen Lebensräumen das grösste Raubtier sind. Die einzige Spezies, die uns regulieren kann, sind wir selber. Das Schlusswort gebe ich wie üblich, dem Hauptdarsteller selbst: “Humans are certainly the overdominant keystones *and will be the ultimate losers if the rules are not understood and global ecosystems continue to deteriorate.*”

René Oetterli

#### Literatur

Hairston N. G., Smith F. E. and Slobodkin L. B. 1960. Community Structure, Population Control, and Competition. *American Naturalist*, 879: 421.

Yong E. 2013. Dynasty – Robert Paine fathered an idea and an academic family that changed ecology. *Nature*, 493: 286.