

Wie funktionieren Ökosysteme?

Herbert SUKOPP

Die Veranstalter haben mir als Thema eine Frage aufgegeben: Wie funktionieren Ökosysteme? Für einen Biologen ist es eine klassische Wie-Frage, der Warum-Fragen gegenüberstehen.

Die Wie-Fragen der funktionalen Biologie sind auf die unmittelbar wirkenden Ursachen (proximate causations, MAYR 1984) des Funktionierens der Organismen und Organismengemeinschaften gerichtet. Mit Isolation des Gegenstandes, Quantifizierung und Experiment werden Regeln und Gesetze gesucht. Es wird die Einheit in den Lebensvorgängen untersucht. Die konkreten Gegenstände und Vorgänge dienen als „Fälle“ dem Erkennen allgemeiner Prinzipien. Aus dem Blickwinkel der Wie-Frage erscheinen biologische Vorgänge nicht als geschichtlich, nämlich einmalig und unwiederholbar, denn im Experiment ist die Wiederherstellung des gleichen Vorgangs möglich.

Die Warum-Fragen sind die nach den Faktoren, die im Laufe der Evolution die Anpassung einer Art an bestimmte Umweltgegebenheiten bewirkt haben, also nach evolutionären oder historischen Ursachen (ultimate causations, MAYR 1984), nach der Entstehung des untersuchten Objekts. Die Ökologie war bis zum Anfang des 20. Jahrhunderts – ebenso wie ihr Vorläufer, die Naturgeschichte – eine solche Wissenschaft, die die „konkrete Fülle“ (FRIEDERICHS 1957) zu verstehen suchte: Wann, wo, wie ist es dazu gekommen? Konkrete Gegenstände und Vorgänge werden beschrieben, ohne zu versuchen, den „reinen Vorgang“ von den Randbedingungen zu trennen, wie dies bei der Suche nach Naturgesetzen in den experimentellen Wissenschaften geschieht.

Aufgabe der Wissenschaft ist es nicht nur, Fragen zu beantworten; sie muß zunächst auch sinnvolle Fragen stellen. Die mir gestellte Frage muß unter der Themenstellung der Tagung erweitert werden (Kap. 3-5). Da zu einer kausalen Verknüpfung von Ereignissen die Funktion eines Gegenstandes bekannt sein muß, bedarf eine in wesentlichen Aspekten historisch vorgehende Naturwissenschaft, wie es die Ökologie ist, der Wie- und der Warum-Fragen (TREPL 1987).

1. Systeme und Ökosysteme

1.1 Was verstehen wir unter einem System?

Ein System besteht aus zwei oder mehr Elementen, die interagieren und so ein Ganzes bilden, das gegenüber seiner Umgebung abgegrenzt ist. Bei einer Maschine, einem technischen System, können die Kompartimente Kolben, Zahnräder, Schrauben usw. sein. Planeten bilden ein Sonnensystem, Wörter und ihre Verknüpfungsregeln ein Sprachsystem. Zwischen den Elementen konkreter Systeme können die Beziehungen energetischer,

materieller oder informationeller Natur sein. Aus der Interaktion der Elemente resultieren Systemeigenschaften, die die isolierten Elemente nicht besitzen. Ein Auto kann erst fahren, wenn es richtig zusammengebaut ist und seine Einzelteile in der geplanten Weise interagieren. Konkrete Systeme sind offen; sie sind zwar gegenüber ihrer Umgebung abgegrenzt, werden aber von außen beeinflusst und können ihrerseits nach außen wirken. Ein Auto muß mit Benzin oder Öl versorgt werden und gibt Abgase und Wärme ab. „System“ ist also ein verallgemeinernder Begriff, mit dessen Hilfe Realität verständlich und operationalisierbar gemacht werden kann (WEIDEMANN 1994). Diese Auffassung ist eine klassisch holistische, die in der Ökologie aus der Tradition der Naturgeschichte kommt.

1.2 Welche Besonderheiten zeichnen lebende Systeme aus?

Eine besondere Klasse von Systemen bilden die lebenden Systeme: Organismen erzeugen sich selbst, und sie erhalten sich selbst – Eigenschaften, die technischen Systemen abgehen. Organismen bilden sich nicht nur selbst aus vorhandenen Elementen (z.B. mehrzellige Organismen aus Zellen), sondern bringen diese auch hervor. Sie sind weiterhin selbsterhaltend, indem sie sich aktiv mit Energie und Nährstoffen versorgen.

Lebende Systeme können komplexere biologische Systeme bilden: Populationen aus Einzelorganismen einer Art und Biozönosen aus zwei oder vielen Arten.

1.3 Was ist ein Ökosystem?

Organismen und Populationen können ohne ihre abiotische und biotische Umwelt nicht erforscht und verstanden werden. Dem Begriff und der Realität „Ökosystem“ kommt eine zentrale Bedeutung in der Ökologie zu. Den Begriff „Ökosystem“ hatte der britische Ökologe TANSLEY (1935) schon vor dem Aufschwung der Systemwissenschaften als Kurzform für ökologische Systeme geprägt und mit folgenden Worten definiert: „Obwohl die Organismen unser vorrangiges Interesse beanspruchen, können wir sie – wenn wir versuchen grundsätzlich zu denken – doch nicht von ihrer spezifischen Umwelt trennen, mit der sie ein physisches System bilden. Es sind die so gebildeten Systeme, die aus der Sicht des Ökologen die Grundeinheiten der Natur auf der Oberfläche der Erde darstellen. Diese Ökosysteme, wie wir sie nennen können, kommen in den verschiedenartigsten Formen und Größen vor. Sie bilden eine Kategorie unter den zahlreichen physischen Systemen des Universums, die vom Universum als Ganzem bis hinab zum Atom reichen.“

Die geläufige Vorstellung eines Ökosystems, wie sie in vielen Lehrbüchern verwendet wird, ist ein relativ einfaches Funktionsmodell, das vor allem den Umsatz von Energie und Stoffen im Ökosystem veranschaulicht. Das Funktionsmodell eines natürlichen terrestrischen Ökosystems zeigt Abb. 1. Die „unbelebte Umwelt“ ist derjenige Ausschnitt aus der unendlich vielfältigen (in der Systemtheorie „komplexen“) „Umwelt“ i.w.S. oder Umgebung, der von den Lebewesen selbst definiert wird (UEXKÜLL 1909). Auch die unbelebte

dingt. Sie wird von den grünen Pflanzen aufgefangen, durch Photosynthese stofflich gebunden und als Biomasse für die Organismen verfügbar gemacht. Bei jedem Schritt der damit verbundenen Energieübertragungen und -umwandlungen wird ein Teil der Energie auf Grund thermodynamischer Gesetzmäßigkeiten in Wärme umgewandelt. Diese erhält oder fördert zwar wichtige Lebensfunktionen, geht aber bald dem System als nicht weiter verwendbare Energie verloren und verteilt sich im Raum. Dem Prinzip der Wiederverwendung von

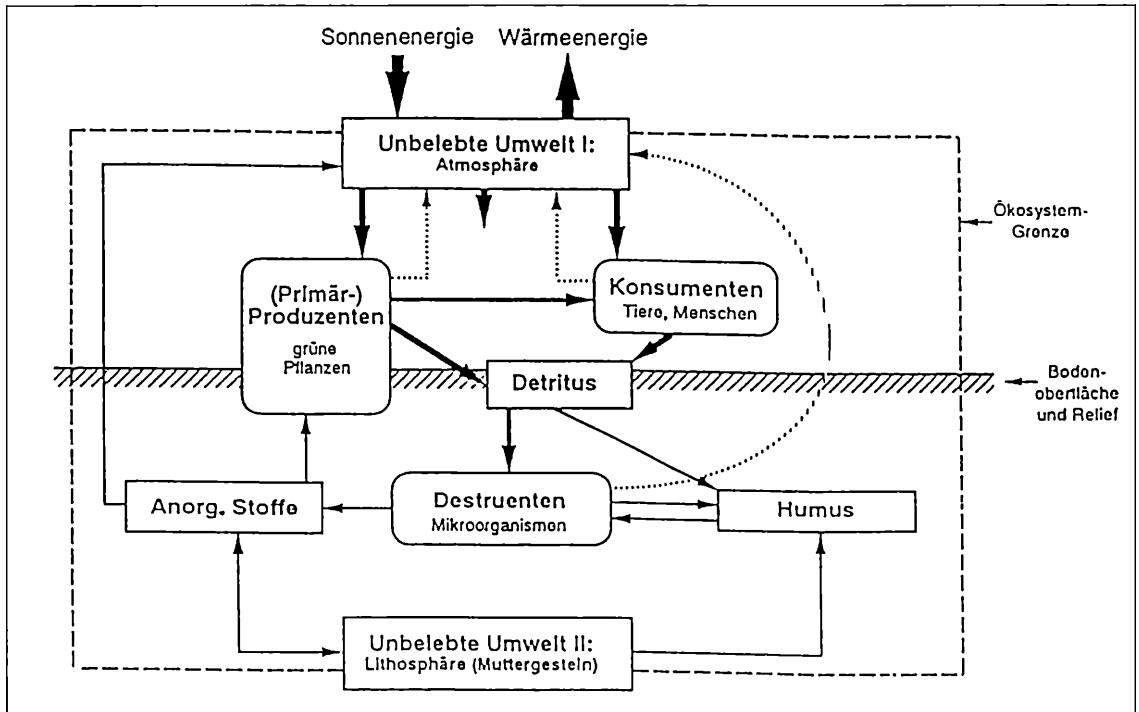


Abbildung 1

Funktionsschema eines natürlichen terrestrischen Ökosystems, stark vereinfacht..

Umwelt ist damit Teil der Lebensgemeinschaft. Alle Lebewesen des Ökosystems werden im Funktionsmodell, unabhängig von ihrer Zahl und Vielfalt, je einem der drei funktionellen Kompartimente zugeordnet:

1. Primärproduzenten: Erzeuger organischer (energiereicher) Substanz, fast ausschließlich Pflanzen,
2. Konsumenten: Umsetzer organischer Substanz („Verbraucher“), die lebende Organismen oder Teile davon verzehren,
3. Destruenten: Abbauer organischer Substanz, die sich von toten Organismen oder ihren Teilen ernähren und diese schließlich mineralisieren, aber auch zur Umwandlung der organischen Substanz in Humus beitragen. Sie sind sozusagen die „Abfallverwerter“ im Ökosystem.

Die Prozesse des Aufbaues, Umbaues und Abbaues organischer Stoffe führen zu einer ständigen Wiederverwendung der dem Ökosystem zur Verfügung stehenden Substanzen und im Idealfall zu vollständig geschlossenen Stoffkreisläufen. Der Antrieb dieses Geschehens erfolgt durch die dauernd eingestrahelte Sonnenenergie, die allerdings auf der Erdoberfläche in unterschiedlich großen Mengen eintrifft und damit verschiedene Klimazonen be-

steht. In Ökosystemen steht also ein einseitig verlaufender Energiefluß mit abnehmender Energiewertigkeit gegenüber, der ständig neu gespeist werden muß.

Das so beschriebene Modell des Ökosystems ist ein hochgradig generalisiertes Funktionsmodell, das auf die große Verschiedenartigkeit der natürlichen Ökosysteme der Erde nicht eingeht und überdies keine klare räumliche Dimension erkennen läßt. Daher wird manchmal die gesamte Biosphäre, manchmal eine einzelne Hecke in der Agrarlandschaft als Ökosystem aufgefaßt. ELLENBERG (1973) hat eine hierarchische Gliederung vorgeschlagen, die von fünf nach den Umweltmedien definierten „Mega-Ökosystemen“ ausgeht, nämlich marine Ökosysteme (Salzwasser), limnische Ökosysteme (Süßwasser), semiterrestrische Ökosysteme (Naßböden), terrestrische Ökosysteme (auf durchlüfteten Böden), urban-industrielle Ökosysteme (technische Strukturen).

Lebensgemeinschaften, Populationen und Organismen sind nur in Wechselbeziehungen mit ihrer je-

weiligen unbelebten Umwelt, aus der sie Energie und Nährstoffe beziehen, lebensfähig.

Eine Lebensgemeinschaft (Biozönose) ist nach MÖBIUS (1877) eine „Gemeinschaft von lebenden Wesen, eine den durchschnittlichen äußeren Lebensverhältnissen entsprechende Auswahl und Zahl von Arten und Individuen, welche sich gegenseitig bedingen und durch Fortpflanzung in einem abgemessenen Gebiete dauernd erhalten“ Die Lebensgemeinschaft lebt in einem Lebensraum (Biotop, DAHL 1908) von einheitlicher, gegenüber seiner Umgebung abgrenzbarer Beschaffenheit, z.B. einer Quelle. Biotop und Biozönose bilden das Ökosystem.

Der Begriff taucht erstmals bei DAHL (1908) auf und bedeutete bei ihm eine „Gewässer- und Geländeart“, nach HESSE (1924) „ein Gebiet von bestimmtem physiognomischen Wert, wie es als charakteristische Einzelheit für die Beschreibung eines Stückes der Erdoberfläche, einer Landschaft etwa, aus mehr oder minder verschiedener Umgebung heraustritt“

In Begriffen wie Biotopkartierung und Biotop-schutz hat sich diese ursprüngliche räumlich-geographische Bedeutung des Begriffs Biotop erhalten. In der Geographie wird der Begriff Ökotoop (vgl. LESER 1991) für die kleinsten Raumeinheiten verwendet, deren naturräumlich-stofflich-biozönotische Zusammensetzung auf ein einheitliches ökologisches Wirkungsgefüge hindeutet.

Ausgehend von THIENEMANN (1918) entwickelte sich eine andere Interpretation des Begriffs Biotop, nämlich als Gesamtheit der abiotischen Lebensbedingungen an einem Ort (Lebensstätte, Lebensraum, Standort). Der Biotop ist gekennzeichnet durch seine topographischen, edaphischen, hydrischen und lokalklimatischen Eigenschaften. In diesem Sinne haben RESWOY (1924) und FRIEDERICHS (1927) den Biotop ökologisch-funktional auf die Biozönose bezogen. Diese Bedeutung des Begriffs Biotop herrscht heute in der Ökologie vor (SUKOPP 1995).

Eine entsprechende Unterscheidung ist zwischen räumlich definierten Ökosystemen (den „Ökotoopen“ der Geographen) und funktional definierten gegeben (RAVERA 1984, TREPL 1995). Im ersten Fall werden unter einem Ökosystem alle Lebewesen und ihre Umwelt in einem umgrenzten, zusammenhängenden Raum verstanden, ohne daß sie notwendig durch kausale und funktionale Beziehungen verbunden sind. Dazu gehören die eben zitierten Typen von Mega-Ökosystemen. Im zweiten Fall werden unter einem Ökosystem alle durch kausale und funktionale Beziehungen eng verbundenen Lebewesen und die für sie relevanten Umweltfaktoren verstanden.

Das organismische Konzept, das auf die „Superorganismus-Theorie“ von CLEMENTS (1916) zurückgreift bzw. die gängige holistische Variante der Ökosystemtheorie betonen dabei das gesetzmäßig systemare Ganze. Alle Einzelteile funktionierten gesetzmäßig für das Ganze, welches seinerseits die Funktion der Einzelteile bestimme. Das Zustandekommen von Lebensge-

meinschaften sei durch das übergeordnete Ganze determiniert.

Demgegenüber formuliert das individualistische Konzept, Lebensgemeinschaften seien nichts anderes als Ansammlungen von Organismen, die durch historisch zufällige Ereignisse, nämlich Ausbreitungsvorgänge, an einem Ort zusammengekommen seien. Gesetzmäßig zusammenkommende und somit definier- und abgrenzbare Lebensgemeinschaften gibt es nach diesem individualistischen Konzept nicht oder nur insofern, als der Standort eine Auslese vornimmt und stärkere Konkurrenten oder früher Angekommene, die den Jugendstadien von Neuankömmlingen überlegen sind, die schwächeren fernhalten. Es stehen sich somit zwei Basiskonzeptionen vom „Wesen“ der Ökosysteme und Lebensgemeinschaften gegenüber.

2. Eigenschaften von Ökosystemen

2.1 Raum- und Zeitskalen in Ökosystemen

Bei einer vergleichenden Betrachtung der Organismen in einem Ökosystem fällt auf, daß sie in ihrer Größe oder in ihrem Volumen über mehrere Zehnerpotenzen differieren. Bei Bodenorganismen z.B. entspricht die Körpergröße den Gefügeeigenschaften des Bodens (Korngrößen, Durchmesser der Bodenporen), dem Aktionsradius der Organismen, den Umsatzraten und den Generationslängen. Die Generationsdauer eines Bakteriums mißt nach Stunden, die von Fadenwürmern nach Tagen, die von Springschwänzen (Collembolen) nach Wochen; größere Bodenorganismen haben nur wenige oder eine Generation pro Jahr.

Aus der Tatsache, daß es in Ökosystemen auf unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen sich abspielende Aktivitäten und Prozesse gibt, resultiert eine hierarchische Organisation. Im Bereich einer Wurzelspitze kann ein Stickstoffkreislauf geschlossen werden. Dabei entsteht in einer Nahrungskette ein Pool organisch gebundenen Stickstoffs, dessen Wiederfreisetzung durch Mineralisation von der Lebensdauer der beteiligten Organismen abhängt. Auch das gesamte Ökosystem bildet einen Stickstoffpool, dessen Umsatz durch Messen von jährlichen N-Einträgen und -Austrägen untersucht werden kann. Diese hierarchische Organisation wird nicht einfach angenommen, sondern kann in jedem Einzelfall aus der Beobachtung des Systems empirisch bestimmt werden.

2.2 Diversität

Im einfachsten Fall versteht man darunter die Zahl der Arten in einem Ökosystem (Arten-Diversität); bei Tieren meistens eine nach Häufigkeit oder Dominanz gewichtete Artenzahl. Diese Zahlen beziehen sich fast immer auf einzelne systematische Gruppen, z.B. Laufkäfer oder Brutvögel. Alle Organismenarten einer Lebensgemeinschaft werden praktisch nie erfaßt und bestimmt. Dennoch ist Diversität eine wichtige und charakteristische Eigenschaft von Ökosystemen.

Sie sollte nicht nur Arten- und Individuenzahlen umfassen, sondern je nach Fragestellung auch

Ernährungstypen, spezifische Stoffwechselleistungen oder Fortpflanzungstypen berücksichtigen. Die Diversität der Pflanzen kann auch biochemisch in ihrer verschiedenen stofflichen Zusammensetzung, die Voraussetzung für die Vielfalt der Fauna ist, ausgedrückt werden.

Es gibt also nicht die Diversität eines Ökosystems, da sich die Diversitätsangabe immer nur auf bestimmte festzulegende Eigenschaften (z.B. Häufigkeit) bezieht und wir nicht die Diversität aller Artengruppen kennen. Buchenwälder auf nährstoffarmen sauren Standorten z.B. sind arm an Blütenpflanzen, aber reich an Pilzarten. Wichtiger als die Diversität (Anzahl und Verteilung der Elemente, vgl. Kap. 3.21) ist oft die Komplexität, d.h. die Anzahl der Verbindungen zwischen den Elementen (vgl. Kap. 3.22).

2.3 Sukzession als gerichtete Veränderung von Ökosystemen in der Zeit

In zeitlicher Folge entstehen auf einem Wuchsort in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen zunächst weniger, dann stärker komplexe Lebensgemeinschaften und Ökosysteme. Während der Entwicklung von Ökosystemen werden Pionierarten von solchen Arten verdrängt, die in das komplexe Beziehungsgefüge entwickelter Ökosysteme besser hineinpassen. Die Anfangsstadien einer Entwicklung von Lebensgemeinschaften und Ökosystemen sind durch eine geringe Diversität gekennzeichnet. Erst mit der Ausbildung einer langlebigen und vertikal strukturierten Vegetation bilden sich ein Ökosystem-eigenes Kleinklima und ein Boden heraus, welche die Ansiedlung von Arten ermöglichen, die gegenüber Witterungsschwankungen empfindlicher sind. Die anfangs fast ausschließlich von äußeren Faktoren abhängigen Prozesse des ökosystemaren Stoff- und Energieumsatzes geraten zunehmend unter Einfluß der Biozönose (ODUM 1969). Die Endstadien sind vergleichsweise stabil und zeigen keine gerichtete Weiterentwicklung, wohl aber zyklische Prozesse.

2.4 Stabilität

Unter Stabilität wird ein durch kybernetische Rückkoppelung erzeugtes Gleichgewicht (Homöostase) verstanden, die das angenommene Endstadium der Sukzession kennzeichnet. Schon frühzeitig wurde aber auch zwischen verschiedenen Stabilitätskonzepten differenziert, die sich auf verschiedene Aspekte und Eigenschaften eines Ökosystems beziehen können. GRIMM et al. (1992) fassen die Definitionen von Stabilität zu vier Begriffen zusammen:

Konstanz, Resistenz gegen störende Außeneinflüsse, Resilienz (Rückkehrgeschwindigkeit zum Ausgangszustand nach vorübergehender Störung) und Persistenz von Populationen (zu anderen Auffassungen siehe z.B. PIMM 1984).

Ein Ökosystem kann nicht schlechthin als „stabil“ bezeichnet werden. Man muß die Untersuchungsebene (Population, Biozönose, Ökosystem) und die Meßgrößen (Artenzahl, Individuenzahl, Biomasse,

Nettoprimärproduktion) sowie den jeweiligen Stabilitätstyp angeben.

2.5 Wie funktionieren Ökosysteme? Energiefluß und Stoffkreislauf durch Lebensgemeinschaften

Unter den Wie-Fragen in Bezug auf Ökosysteme sind die nach Energiefluß, Nährstoffkreisläufen und Produktion von Biomasse am besten untersucht.

In natürlichen Ökosystemen reicht - im Gegensatz zu anthropogenen Ökosystemen - die eingestrahlte Sonnenenergie für den Aufbau der Biomasse durch grüne Pflanzen aus. Es wird nur so viel produziert, wie Energiezufuhr und Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit zulassen. Um- und Abbauprozesse nutzen die in der Biomasse gespeicherte Energie, die letztendlich nach dem Abbau zum größten Teil als Wärmeenergie in die Atmosphäre abgestrahlt wird, wogegen manche Nährstoffe, wie Stickstoff, Schwefel oder Phosphor, von den Pflanzen wieder aufgenommen werden.

Die Aktivitäten von Lebensgemeinschaften werden meist pro Flächeneinheit beschrieben. Mit Biomasse bezeichnen wir die Masse der Organismen pro Flächeneinheit des Bodens oder des Wassers. Diese wird in Energieeinheiten (Joules pro m²) oder als organisches Trockengewicht (z.B. Tonnen pro ha) ausgedrückt.

Die Primärproduktion einer Lebensgemeinschaft ist die Rate, mit der Biomasse pro Flächeneinheit von Pflanzen (Primärproduzenten) erzeugt wird. Von der Brutto-Primärproduktion (BPP) wird ein Teil durch die Pflanzen selber veratmet und geht der Lebensgemeinschaft als respiratorische Wärme verloren. Die Differenz zwischen BPP und Atmung ist die Netto-Primärproduktion (NPP); sie ist für die Umsetzungen durch Konsumenten und Destruenten verfügbar. Deren Produktion wird Sekundärproduktion genannt.

Zu den produktivsten Systemen in Bezug auf die NPP gehören Sümpfe und Marschen, Flußmündungen, Algenwälder, Riffe und kultiviertes Land.

Bei den Wäldern nimmt die Produktivität mit dem Breitengrad von borealen über gemäßigte zu tropischen Bedingungen zu.

Bei der Beschreibung dieser Zusammenhänge werden Begriffe benutzt wie:

„Pool“ für die Menge an Stoffen oder Einheiten, die Bestandteile des betreffenden Systems sind und durch Zufuhr (input) oder Ausfuhr (output) verändert werden können,

„Flußrate“ (flux rate) für die Menge an Stoff oder Energie, die in einem Ökosystem von einem Kompartiment in ein anderes gelangt, bezogen auf eine Zeiteinheit.

Eine Ausfuhr (und z.B. Ablagerung von Kohlenstoff in Torf und Kohle) ist bezogen auf das Ökosystem ein Verlust. Worte wie Überschuß oder Vorsorge werden bei der Beschreibung von Ökosystemen nicht verwendet, wohl aber bei der von Populationen.

3. Populationsbiologie von Organismen: „Verschwendung“ oder Risikovermeidung

Auf welchen Gebieten zeigt die Natur „üppige Fruchtbarkeit, Verschwendung“, um zwei der Bedeutungen von Luxus zu benutzen?

1. Bei der Erzeugung von Nachkommen,
2. bei der Vielfalt der Arten und ihrer gegenseitigen Beziehungen.

Diese Fragen lassen sich als Warum-Fragen im Sinne von MAYR 1984 formulieren.

3.1 Evolutionsbiologie

Jede Organismenart kann mehr Nachkommen erzeugen als zur Bestandserhaltung benötigt werden. Daher wächst jede Population zu Beginn der Besiedlung eines Lebensraumes exponentiell an. Sie nähert sich damit unaufhaltsam der Grenze, an der die verfügbaren Ressourcen nur noch für die Bestandserhaltung, nicht aber für eine weitere Populationsvergrößerung hinreichen. Der Umweltwiderstand wächst, bis Sterbe- und Geburtenrate gleich werden: das durch die Tragfähigkeit der Umwelt, das biologische Fassungsvermögen eines Lebensraums (carrying capacity) vorgegebene Populationsmaximum ist erreicht. Es wird aber immer wieder über- oder unterschritten, wobei natürliche Populationen in Krisensituationen geraten

Bei allen Organismen wird das Gleichgewicht zwischen Natalität und Mortalität grundsätzlich nach dem „Abschöpfungsprinzip“ eingestellt: es werden mehr Nachkommen erzeugt, als im Lebensraum unterzubringen sind, und die überzähligen durch Selektion entnommen; nie wird nach dem „Vakanzprinzip“ verfahren, also Nachkommen nur nach Maßgabe freier „Planstellen“ erzeugt. Das bedeutet, daß bei jeder Minderung der Sterblichkeit, zum Beispiel dank günstigerer Umstände, z. B. vorübergehend besserem Nahrungsangebot, die Population die mittlere Tragfähigkeitsgrenze ihres Lebensraumes überschreitet. In der Folge kann es jedoch zu Übernutzung von Ressourcen, Umweltzerstörungen und somit langfristig zu einem Absinken der Tragfähigkeit kommen. Eine Sicherung dagegen wäre die Begrenzung der Populationsdichte in sicherem Abstand unterhalb der maximalen Tragfähigkeit der Umwelt. Man hat diese Fähigkeit bei manchen Organismen vermutet, aber nie beweisen können; wir kennen auch keinen biologisch-evolutiven Mechanismus, der dies bewirken könnte. Der Mensch kann und muß die erste Art werden, die dies kraft eigener Einsicht zustande bringt.

In den meisten Lebensräumen ist das Nahrungsangebot keine konstante Größe, sondern unterliegt periodischen oder zufälligen Schwankungen. Hauptursache sind außerhalb der Tropen jahreszeitliche oder stochastische Klima- und Wetterveränderungen. Jede auf solche Weise bewirkte Ressourcenminderung kann eine angepaßte Population über ihre Gleichgewichtsdichte treiben. So ergeht es zahllosen Organismen jährlich mit dem Jahreszeitenwechsel. Dagegen könnte wiederum der – nicht verwirklichte – Sicherungsabstand helfen; oder periodische Schwankungen der Populationsdichte, wie sie bei Tieren vor allem in Form von Wanderungen gut bekannt sind.

Die Tragfähigkeit der Umwelt für eine Art ist nicht nur durch Freßfeinde oder Parasiten (mit denen man sich in einem Gleichgewicht arrangieren kann) und durch das Nahrungsangebot selbst bestimmt, sondern vor allem auch dadurch, was Konkurrenten von diesem Angebot übriglassen, denn kaum eine Organismenart verfügt allein über eine Ressourcenbasis. Als fraglich gilt diese Auffassung jedoch für viele Herbivore (Pflanzenfresser), die konkurrenzlos sein sollen, da ihre Populationsgröße durch Räuber und Parasiten so gering gehalten wird, daß Konkurrenz kaum auftritt. Mit ökologischen Konkurrenten jedoch stellt sich nicht automatisch ein konkurrenzbegrenzendes Gleichgewicht ein: wenn zwei Arten um ein begrenztes Gut konkurrieren, ist nicht auszuschließen, daß eine die andere völlig verdrängt. Das bedeutet, daß jede Organismenart an ihrer ökologischen Grenze ständig dem Druck durch Konkurrenten standzuhalten hat, der zudem keine Konstante ist, da ja auch jede Konkurrenzart expansionsfähig ist (und bleiben muß, will sie nicht ihrerseits Gefahr laufen, verdrängt zu werden) und sich durch Entwicklung neuer Eigenschaften Konkurrenzvorteile verschaffen kann. Wir sehen dies bei der Entwicklung von Resistenzen gegen Bekämpfungsmittel bei zahlreichen Unkräutern und Vorratsschädlingen, Nahrungskonkurrenten, denen wir jedes Jahr einen erheblichen Anteil der Welternte überlassen müssen. Das passende Bild für diesen evolutiven Wettlauf hat Lewis Carroll in „Through the Lookingglass and what Alice found there“ gegeben, wenn Alice die Rote Königin kennenlernt und mit ihr in atemlosem Lauf mithalten muß, nur um festzustellen, daß sie dabei auf der Stelle geblieben sind. „Well in our country, said Alice, ..., you'd generally get to somewhere else if you ran very fast for a long time, as we've been doing“ „A slow sort of country! said the Queen. Now here, you see, it takes all the running you can do to keep in the same place. If you want to get somewhere else, you must run at least twice as fast as that.“

Im Wettstreit mit sich ständig verbessernden Konkurrenten muß eine Organismenart wie im Lande der Roten Königin mit Spitzengeschwindigkeit laufen, um nicht zurückzufallen. Jeder Konkurrenzvorteil eines anderen Mitnutzers wichtiger Ressourcen senkt nämlich die Tragfähigkeit des Lebensraums und setzt daher die Population der betrachteten Art unter erhöhten Druck. Am besten wäre es natürlich, Konkurrenten auszuschalten, doch wachsen sie nach wie die Köpfe der Hydra, so bleibt nur das evolutive „running at top speed“ (MARKL 1980).

Ökologische Begrenzungsprobleme sind für Organismen nichts Ungewöhnliches, sie entstehen geradezu zwangsläufig: kaum eine Art kann sich stabil nahe der Tragfähigkeit ihres Lebensraums einrichten, die Charakteristika des Evolutionsprozesses selbst machen dies in der wirklichen Welt unmöglich.

Der Evolutionserfolg von Lebewesen beruht auf einer offensiven Innovationsstrategie unter Umweltdruck, nicht auf einer Strategie passiver Einschränkung, mit anderen Worten auf einer Risikostrategie, keiner Strategie der Risikovermeidung - Millionen im Verlauf der Erdgeschichte ausgestorbene Arten legen Zeugnis dafür ab - ja in gewissem Sinne sogar auf einer „Verschwendungsstrategie“, keiner Konservierungsstrategie.

Zwei Beispiele sollen dies illustrieren:

Samenanzahl von häufigen siedlungsbegleitenden Pflanzen

	Anzahl je Pflanze	Autor
Einjährige		
<i>Chenopodium album</i>	500.000 max. 1.500.000	KREH 1955
<i>Conyza canadensis</i>	250.000	KREH 1955
<i>Chenopodium botrys</i>	330.000 (200.000 bis 450.000)	HERRON 1953
	10.000 (5 bis 113.500)	ZACHARIAS 1980
Stauden		
<i>Tussilago farfara</i>	60.000	KREH 1955
Sträucher		
<i>Buddleja davidii</i>	bis 25.000.000	KREH 1952

Mittlere Samenanzahl einjähriger gefährdeter Ackerpflanzen (aus SCHNEIDER et al. 1994)

Sippe	mittlere Anzahl je Pflanze	Autor
a. Arten mit schweren Samen (> 1,5 mg)		
<i>Agrostemma githago</i>	314	SALISBURY 1942
<i>Lithospermum arvense</i>	160	SALISBURY 1961
<i>Neslia paniculata</i>	300	CREMER et al. 1991
<i>Ranunculus arvensis</i>	260	WEHSARG 1918
b. Arten mit leichten Samen (< 1,5 mg)		
<i>Filago vulgaris</i>	2500	SALISBURY 1961
<i>Kickxia elatine</i>	1800	SALISBURY 1942
<i>Kickxia spuria</i>	2300	SALISBURY 1942
<i>Papaver hybridum</i>	1680	SALISBURY 1942

Die Anzahl produzierter Samen und das Samengewicht sind voneinander abhängige Größen (HARPER 1977): Arten mit schweren Samen bringen diese im allgemeinen nur in geringer Anzahl hervor; eine hohe Samenanzahl ist dagegen nur bei niedrigen Samengewichten möglich. Arten mit schweren Samen produzieren meist nur einige hundert Samen bzw. Früchte; Ausnahmen bilden hier *Camelina alyssum*, *Chrysanthemum segetum* und *Fagopyrum tataricum*. Arten mit hoher Samenproduktion (>1600) besitzen dagegen leichte Samen: *Filago vulgaris*, *Kickxia* spp. und *Papaver hybridum* (Abb. 4-12 bei SCHNEIDER et al. 1994).

Soviel zur „Verschwendung“ bei der Erzeugung von Nachkommen. Das Ergebnis ist in den meisten Fällen eine von Jahr zu Jahr ähnliche Anzahl der Individuen in den Populationen. Wir staunen über die eher seltenen Fälle von Massenausbreitung.

3.2 Vielfalt der Arten und ihrer gegenseitigen Beziehungen

3.2.1 Mannigfaltigkeit der Formen und Lebewesen

Zahllos ist die Menge der blumentragenden Pflanzen,
Die am säugenden Busen der all'ernährenden Mutter
Mit der obern Fläche der vielgebildeten Blätter
Trinken der Sonne Licht; den nächtlichen Thau mit der un-
tern.
Von den beschneiten Gebürgen der nördlichen langen Po-
larnacht.
Bis zur erdumgürtenden Zone des heißen Aequators
Ist kein Raum so gering im weiten Gefilde der Schöpfung,
Keine der Alpen so steil, und keine der Steppen so sandig,
Daß sie nicht nähre Geschlechter der Pflanzen, der Lage ge-
eignet,
Pflanzen überweben das Bett der Quellen und Ströme;
Andere nähret der Rhein, und andere der Orellana.
Selbst in den finstern Tiefen des erdumgürtenden Weltmeers,
Wo kein Orkan sie empört, wohin kein Bley je hinabsank,
Scherzen in weiten Fluren, umwallt von ragenden Hainen
Seltsam-gebildeter Pflanzen, die Heerden der Amphitrite.
(HERDER)

Motto der 4. Aufl. von C.L. Willdenow
(1797): von Linné, *Species plantarum*.

Die Beschäftigung mit der Biodiversität oder der Mannigfaltigkeit der Formen der Lebewesen ist schon seit Urzeiten ein zentrales Thema in der Beziehung des Menschen zu seiner Umwelt. Diese grundlegende Erkenntnis der Anthropologie läßt sich auch folgendermaßen formulieren: In allen Gesellschaften haben Menschen in bestimmter und sehr vielfältiger Form Beziehungen zu den sie umgebenden Organismen ausgebildet. Ohne Anspruch auf Vollständigkeit können folgende Formen in der Kommunikation und Konfrontation des Menschen mit den Lebewesen seiner Umwelt genannt werden:

- wirtschaftliche Begegnung (Ernährung, Bekleidung, Baumaterial, Brennmaterial, Pharmaka, Arbeitstiere etc.),
- soziale Begegnung (Tiere als Sozialpartner, „Hobbytiere“),
- religiös-kultische Begegnung (Totemismus, Tieropfer, Tiergestalten in Schöpfungsmythen),
- symbolisch-allegorische Begegnung (Fabeln, Märchen, Tiersymbolik),
- kulturell-ästhetische Begegnung (Naturmalerei, Naturdichtung, Landschafts- und Gartengestaltung),
- rational-wissenschaftliche Begegnung (Lebewesen als Objekte der rational-wissenschaftlichen Welterkenntnis).

Die Kenntnis zumindest eines Ausschnittes der bei näherer Betrachtung schier unermesslich erscheinenden Zahl von Arten in der Umgebung des Menschen ist in jeder Gesellschaft ein fundamentales und lebensnotwendiges Anliegen gewesen (vgl. LEVI-STRAUSS 1973, MAYR 1984, MAYER 1992). Nach LEVI-STRAUSS (1973, S. 179) gibt es wahrscheinlich „keine menschliche Gesellschaft, die nicht ein sehr ausgedehntes Inventar ihrer zoologischen und botanischen Umgebung aufgestellt und es in spezifischen Ausdrücken beschrieben hätte“ Viele Autoren finden eine primär utilitaristische Erklärung für diese Artenkenntnis: In diesem Sinne kennt der Mensch solche Lebewesen, die für sein praktisches Leben von Bedeutung sind, sei es als Räuber, als Nahrungsquelle, als Lieferanten für Bekleidungsmaterialien und Medikamente oder aufgrund magischer Eigenschaften (vgl. MAYR 1984, S. 110). Dieser Auffassung widerspricht der Anthropologe LEVI-STRAUSS (1973, S. 20). Er argumentiert, daß „die Tier- und Pflanzenarten nicht nur bekannt sind, soweit sie nützlich sind: sie werden für nützlich oder interessant erachtet, weil sie bekannt sind“ Dem liegt die anthropologische Theorie zugrunde, daß das Beschreiben, Benennen und Ordnen der biologischen Umwelt ein fundamentales, sich primär selbst tragendes Prinzip menschlichen Denkens und Lebens ist (vgl. u.a. SIMPSON 1961, AUTRUM 1987).

Schon der prähistorische Mensch hat offensichtlich die Lebewesen seiner Umwelt sehr genau gekannt. Auch heutige Eingeborenenstämme, die nach der Art neolithischer Jäger und Sammler leben, besitzen eine oftmals überwältigende Artenkenntnis. Dabei fällt auf, daß gerade der Reichtum an Namen für einzelne Arten sehr groß ist, wohingegen es an Begriffen und Wörtern für Taxa höheren Ranges oftmals fehlt. Die Genauigkeit der Benennung und Beschreibung korreliert in jedem Falle

eindeutig mit der kulturellen Bedeutung der Arten (vgl. BERLIN et al. 1966).

Ein interessanter Gedanke bei LEVI-STRAUSS ist der des „neolithischen Paradoxons“: bis zu den großen neolithischen Erfindungen (Ackerbau, Viehzucht, Töpferei) waren die Menschen von einer ungeheuren „wissenschaftlichen“ Neugier und ständig am Suchen und Experimentieren. Die Artenkenntnis war entsprechend hoch (500-2000 Arten, Beispiele bei LEVI-STRAUSS 1973, S. 14-19). Das hörte schlagartig – offenbar mit Entstehung der Hochkulturen – auf, bis es schließlich von einer besonderen Klasse, der der Wissenschaftler, wiederaufgenommen wurde.

Im klassischen Altertum erfolgte der Übergang von der vorwiegend mythischen Naturbetrachtung zu einer philosophisch-rationalen und in ersten Ansätzen wissenschaftlichen Betrachtungsweise. Einen ersten Höhepunkt stellten die Arbeiten des Aristoteles (384-322 v. Chr.) dar. Er gelangte zu einem System, das zum ersten Mal in wesentlichen Teilen auf der Benutzung von biologischen Merkmalen als Kriterien zur Einteilung basierte. Alle seine Nachfolger blieben deutlich hinter dem Niveau der Aristotelischen Naturgeschichte zurück. Im Mittelalter fand sogar eine teilweise extreme moralisch-religiös-symbolhafte Überformung des Naturwissens der Antike statt. Erst in der Renaissance löste man sich von dieser theologisch-scholastisch bestimmten Herangehensweise, besann sich auf die antiken Autoren im Original und wendete sich der eigenständigen Beobachtung von Flora und Fauna zu. Die Kräuterbücher von Brunsfels (1488-1534), Bock (1498-1554) und Fuchs (1501-1566) sind erste Ergebnisse dieser Entwicklung.

Mit der Beschreibung von Lokalfloren stieg die Zahl der bekannten Pflanzen im 16. und 17. Jahrhundert steil an. Ray zählte im Jahre 1682 bereits 18.000 Arten auf (vgl. MAYR 1984, SENG-BUSCH 1989). Bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts war diese Zahl auf 90.000 Pflanzenarten angewachsen (A. de Candolle, Prodromus). Spätestens im 18. und 19. Jahrhundert kamen mit den kolonialen Forschungs- und Sammelreisen immer neue Arten in kaum noch überschaubarer Zahl hinzu. Mit dieser nun globalen Zunahme der floristischen und faunistischen Kenntnisse wurde die klassische Naturgeschichte, die sich der Beschreibung und Ordnung der Arten gewidmet hatte, fast schlagartig überflutet. In der Botanik führten die unterschiedlichsten Systeme der Klassifikation und Nomenklatur zu einem unglaublichen Chaos (vgl. LEPENIES 1976). Erst Linnés künstliches Sexualsystem der Pflanzen konnte innerhalb kurzer Zeit aufgrund seiner praktischen Handhabbarkeit, seiner Klarheit und aufgrund der konsequenten Anwendung der binären Nomenklatur einen Durchbruch erzielen. Damit begründete er die Taxonomie und schuf ein Klassifikationsschema, das in groben Zügen noch heute anerkannt ist. Die Erstauflage seines Werkes „Species plantarum“ erschien 1735 – ein halbes Jahrhundert nachdem der Engländer Isaac Newton (1643-1727) die Schwerkraftgesetze formuliert und damit physikalische Erscheinungen vorhersagbar gemacht hatte (MAY 1992).

Trotz mehr als 250 Jahren systematischer Forschung gehen die Schätzungen der Gesamtartenzahl an Pflanzen, Tieren und anderen Lebewesen heute weit auseinander, von drei bis zu 30 Millionen oder mehr. Man weiß nicht einmal genau, wie viele Arten beschrieben worden und bis heute bekannt sind, da es kein zentrales Archiv gibt, das sämtliche bislang erhobenen Befunde speichert.

Nach den besten Überschlagsrechnungen sind 1,5 bis 1,8 Millionen Arten von Organismen identifiziert, doch diese Liste ist sicherlich bei weitem nicht vollständig. Verschiedenste Verfahren – sowohl empirische als auch theoretische – wurden angewandt, um die tatsächliche Zahl wenigstens näherungsweise zu bestimmen. Dabei bedeuten schon die niedrigsten Schätzwerte die Existenz von drei Millionen Arten; mithin gäbe es noch weit mehr unbekannt Arten, als man mit derzeitigen Methoden in angemessener Zeit entdecken und katalogisieren könnte (MAY 1992).

Dieses Nichtwissen führt dazu, daß auch Schätzungen über Aussterberaten unsicher bleiben.

3.2.2 Komplexität

Komplexität (vgl. Kap. 2.2) entsteht durch die Vielfalt an direkten Wechselbeziehungen zwischen Organismen: Konkurrenz, Räuber-Beute-Beziehungen, Parasitismus, Mutualismus (einschließlich Symbiose). Als Beispiel soll der Mutualismus herausgegriffen werden.

Mutualismus

Die Beziehung zwischen Artenpaaren, die sich gegenseitig nützen, nennt man Mutualismus. Die Individuen einer Population jeder mutualistischen Art wachsen und/oder überleben und/oder vermehren sich mit einer höheren Rate, wenn sie in der Anwesenheit von Individuen der anderen Art vorkommen. Jeder Mutualist erhält einen Vorteil unterschiedlichster Art. Meistens beinhaltet dies für wenigstens einen der Partner Nahrungsressourcen und häufig für den anderen Schutz vor Feinden oder Bereitstellung einer günstigen Umwelt, in der er wachsen und sich fortpflanzen kann. In anderen Fällen erbringt die Art, die Nahrung erhält, eine „Dienstleistung“, indem sie ihren Partner von Parasiten befreit (z.B. der Putzerfisch), die Bestäubung ausführt (Blüten besuchende Insekten) oder die Samen verbreitet. Trotz der Vorteile, die jeder der Partner erhält, ist es wichtig, sich keine „trauliche“ Beziehung zwischen den Mutualisten vorzustellen. Jeder handelt im Prinzip eigennützig. Mutualistische Beziehungen entwickeln sich einfach deshalb, weil der Nutzen für beide Partner die Kosten überwiegt.

Beispiele:

Der Honiganzeiger und der Honigdachs

Ein afrikanischer Vogel, der Honiganzeiger (*Indicator indicator*), hat eine bemerkenswerte Beziehung zum Honigdachs (*Mellivora capensis*) (BÉGON et al. 1991). Ein Honiganzeiger, der ein Bienennest entdeckt hat, führt den Honigdachs zu diesem. Das Säugetier reißt das Nest auf und frisst

Honig und Bienenlarven. Danach erhält der Honiganzeiger eine Mahlzeit aus Bienenwachs und Larven. Der Honiganzeiger ist in der Lage, das Nest zu finden, kann es aber nicht aufbrechen, während der Honigdachs genau in der umgekehrten Lage ist. Die reziproke Verbindung in ihren Verhaltensmustern bringt ihnen gegenseitigen Nutzen.

Lehrbücher der Ökologie haben früher im allgemeinen die Bedeutung des Mutualismus unterschätzt oder ignoriert. Er ist jedoch ein außerordentlich weit verbreitetes Phänomen.

Mutualismen zwischen Ameisen und Pflanzen sind in den Tropen häufig anzutreffen und in gemäßigten Zonen nicht ungewöhnlich. Ameisen unterstützen Pflanzen in vielerlei Hinsicht. So bestäuben Ameisen gelegentlich Blüten, und sie verbreiten oft die Samen krautiger Pflanzen, die stärke- oder ölhaltige Elaiosomen besitzen. Ameisen schützen Pflanzen außerdem vor Herbivoren. Ameisenpflanzen, die solchen Schutz genießen, bieten ihren Beschützern häufig Nahrung und Unterschlupf (HOWE & WESTLEY 1988).

Als Myrmekophyten (Ameisenpflanzen) werden tropische Pflanzen bezeichnet, deren Hohlräume in Stengeln, Stämmen, Dornen oder Knollen bestimmten Ameisen Wohnung und zum Teil auch Nahrung in Gestalt besonders nährstoffreichen Gewebes geben, z.B. die Rubiaceae Myrmecodia oder die mit den Feigen verwandten Cecropia-Bäume genießen häufig Schutz vor phytophagen Tieren, die von den Ameisen vertrieben werden. Acacia-Arten, die nicht mit Ameisen vergesellschaftet sind, haben als Schutzmechanismus gegen Pflanzenfresser sekundäre Pflanzenstoffe, Acacia-Arten, die mit symbiotischen Ameisen (z.B. *Acacia cornigera* mit *Pseudomyrmex ferruginea*) zusammenleben, benötigen diese Stoffe nicht (SCHAEFER 1992).

Ein äußerst bedeutender Teil der Biomasse der Erde, vielleicht sogar der größte Teil, steht zueinander in mutualistischen Beziehungen – zum Beispiel sind die dominanten Organismen aller Steppen und Wälder sowie auch Korallen Mutualisten (Pflanzenwurzeln sind eng mit Pilzen in Mycorrhizen assoziiert; Korallenpolypen enthalten einzellige Algen). Die meisten wurzeltragenden Pflanzen haben mutualistische Mycorrhizen; die meisten Blütenpflanzen sind von Insekten als Bestäubern abhängig; und eine sehr große Anzahl von Tieren besitzt Därme, die eine mutualistische Lebensgemeinschaft von Mikroorganismen beherbergen.

Bestäubungsmutualismen

Die meisten tierbestäubten Blüten bieten Nektar oder Pollen oder beides für ihre Besucher. Es entstehen Kosten und zwar in Form von Kohlehydraten, die sonst durch die Pflanze für ihr Wachstum oder bei irgendeinem anderen Prozeß hätten genutzt werden können. Der Nutzen für die Pflanze ist jedoch die Bestäubung. Eine ähnlich teure Investition wird von vielen Pflanzenarten in Früchte gemacht. Sie ziehen Tiere an und versorgen sie mit Nahrung, und diese helfen, die in den Früchten enthaltenen Samen auszubreiten.

4. Zum Tagungsthema „Luxurieren“

Als Luxurieren oder Schmuckbildung bezeichnete man in der Sprache des 19. Jahrhunderts bei Tieren vorkommende übersteigerte ornamentale Merkmale. Luxurieren kommt offenbar besonders in Lebensräumen mit geringem Selektionsdruck vor (SCHAEFER 1992).

In tropischen Regenwäldern blieben häufig funktionell bedeutungslose Bildungen erhalten, wie sie z.B. von vielen Insekten, Spinnentieren, von Tukanen, Nashornvögeln, dem Quezal oder vom Nasenaffen bekannt sind (Abb. 2). In manchen Fällen beruht ein solches „Luxurieren“ nur auf Proporti-

onsänderungen eines Organs oder Organteils in Beziehung zur Körpergröße oder anderen Organen (TISCHLER 1993). In anderen Fällen verstehen wir nicht, welche Funktionen vorliegen!

In der Pflanzenzüchtung gibt es das Phänomen der Luxurienz oder Üppigkeit des Wachstums der F1-Generation bei Kreuzung von Individuen genetisch verschiedener reiner Linien (SEDLAG & WEINERT 1987). Solche Heterosis liegt vor, wenn die F1 einer Kreuzung in bestimmten Merkmalen den leistungsstärkeren Elternteil übertrifft. Im allgemeinen wird der leistungsstärkere Elternteil als Vergleichsmaßstab benutzt (RIEGER & MICHAELIS 1958).

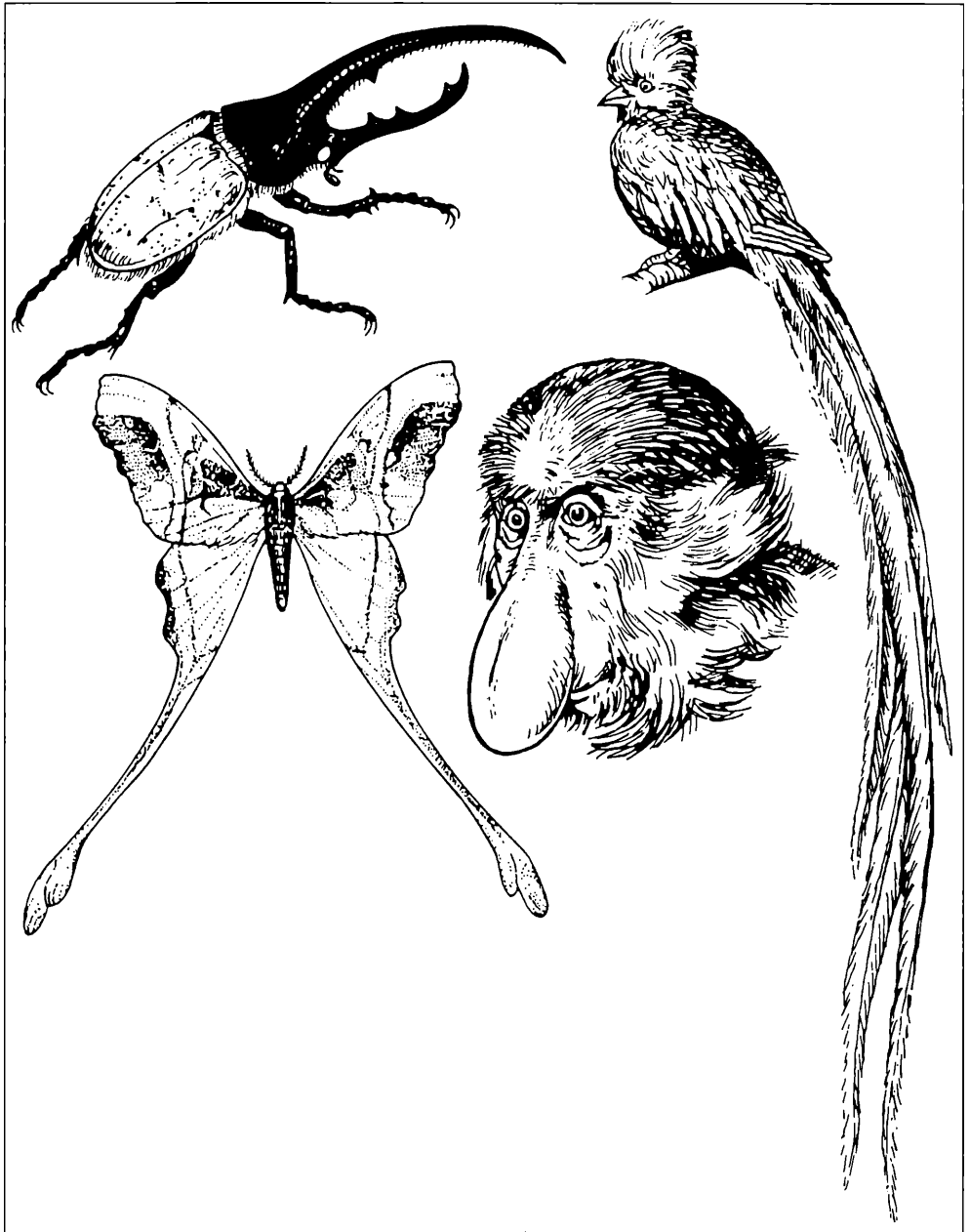


Abbildung 2

«Luxusbildungen» bei Tieren des tropischen Regenwaldes (nach Mertens 1948, in der etwas veränd. Umzeichnung von Geiler).

(♂ des Herkuleskäfers (*Dynastes hercules*), Langflügelfalter (*Eudaemonia sonthonnaxi*), Quesal (*Pharomachus mocinno*), Kopf des Nasenaffen (*Nasalis larvatus*). *Nasalis* in Borneo, übrige im tropischen Amerika. (aus: W. Tischler 1975)

In menschlichen Gesellschaften wird als Luxus der Konsum oder Aufwand an materiellen Mitteln bezeichnet, der – nach kulturell wandelbaren und historisch wie regional spezifischen Normvorstellungen – das sozial Notwendige und Übliche übersteigt. Je nach der Höhe des materiellen Versorgungsstandes einer Gesellschaft im ganzen wie nach der Verteilung und Verbreitung der Konsummittel und -chancen auf die verschiedenen Gruppen der Gesellschaft können Luxusgüter zu selbstverständlichen Gebrauchs- und Verbrauchsgütern oder – in Zeiten materieller Beschränkung – ehemals normale konsumtive Lebensgewohnheiten zu außergewöhnlichem Luxus werden (HARTFIEL & HILLMANN 1972).

Die geistvollste Interpretation und Rechtfertigung hat der Luxus im Zeitalter des aufsteigenden Bürgertums und der Freiheitsideen des 17. Jahrhunderts in England in der Bienenfabel durch den Arzt und Sozialphilosophen MANDEVILLE (1714) gefunden, diesen Schrittmacher des englischen Utilitarismus und Theoretiker des Selbsterhaltungstriebes, der das Leben der Menschen in Gesellschaft und Staat auf den egoistischen Interessenkampf der Individuen zurückführte und für den der Egoismus die Triebfeder der Zivilisation ist (BÜLOW 1955). Er verherrlichte wie kein anderer als satirischer Kritiker der Gesellschaftszustände seiner Zeit die Segnungen des Reichtums, der Verschwendung und des Luxus; denn „private Laster sind öffentliche Wohltaten“

„Wenn alles Luxus sein soll – wie es streng genommen müßte –, was nicht unbedingt dazu erforderlich ist, dem Menschen bloß als lebendem Wesen die Existenz zu ermöglichen, so gibt es überhaupt weiter nichts auf der Welt als Luxus, sogar auch bei den nackten Wilden. Denn es ist nicht anzunehmen, daß es unter diesen welche gibt, die nicht bis jetzt ihre frühere Lebensgestaltung irgendwie verbessert hätten und in der Zubereitung ihrer Nahrung, der Einrichtung ihrer Hütten oder sonst etwas gegen das, was ihnen früher genügte, um einiges fortgeschritten wären. Eine solche Definition, wird jeder sagen, ist zu streng. Ich bin derselben Meinung, fürchte aber, wenn wir von dieser Strenge nur um einen Zoll nachlassen, wissen wir nicht mehr, wo wir dann Halt machen sollen“ (MANDEVILLE 1714, 1980).

W. SOMBART (1912) hat - in Ergänzung zu den von M. WEBER (1904) entwickelten Thesen über die wirtschaftlichen Wirkungen der Askese die Interdependenz von Luxus und Entfaltung des Kapitalismus hervorgehoben. Einerseits wird der Luxus (Geltungskonsum) als Medium sozialer Abgrenzung von den „breiten Massen“ erkannt; andererseits wird für entwickelte Industriegesellschaften mit hohem Versorgungsstand seine Bedeutung für die allgemeinen Verbrauchsideale und Moden hervorgehoben (HARTFIEL & HILLMANN 1972).

Die moderne Biologie hat zeigen können, daß Kultur als die Weitergabe von Information von Generation zu Generation durch Verhalten, besonders durch Lehren und Lernen, definiert werden kann. Der Begriff „Kultur“ wird also in einem Sinn gebraucht, der im Gegensatz zur Weitergabe

von genetischer Information steht, die auf der direkten Vererbung von Genen beruht. Information, die als „Kultur“ weitergegeben wird, manifestiert sich als Wissen und Tradition. „Kultur“ unterliegt nicht direkt der Evolution durch natürliche Selektion, da die Weitergabe nicht durch genetische Vererbbarkeit erfolgt. Andererseits aber ist die Fähigkeit einer Art, „Kultur“ zu entwickeln, das direkte Produkt eines solchen genetischen Evolutionsmechanismus. Der Erwerb von Kultur und die Kulturentfaltung stellen mittelbar einen erheblichen Anpassungswert dar (BONNER 1983).

Für Diskussionen und Anmerkungen danke ich herzlich Ingeburg Sukopp, Ulrich Sukopp und Prof. Dr. Ludwig Trepl.

Literatur:

- AUTRUM, H. (1987):
Formen in der Natur – Erkennen und Beziehungen. – Naturw. Rundschau 40 (2): 43-52.
- BEGON, M.; J.L. HARPER & C.R. TOWNSEND (1991):
Ökologie. Basel, Boston, Berlin. 1024 S.
- BERLIN, B.; P. RAVEN, & D. BREEDLOVE (1966):
Folk taxonomies and biological classification. – Science 154: 273-275.
- BONNER, J.T. (1983):
Kultur-Evolution bei Tieren. – Berlin u. Hamburg. 212 S.
- BORMAN, F.H. & G.E. LIKENS (1979):
Pattern and process in forested ecosystems. – Springer, New York.
- BÜLOW, F. (1955):
Luxus. (310-311) In: BERNSDORF, W. & F. BÜLOW (Hrsg.): Wörterbuch der Soziologie. – Stuttgart.
- CLEMENTS, F.E. (1916):
Plant Succession. An analysis of the development of vegetation. Carnegie Institution of Washington Publ. 242.
- CREMER, J.; M. PARTZSCH, G. ZIMMERMANN, C. SCHWÄR & H.GOLTZ (1991):
Acker- und Gartenwildkräuter. – Berlin. 288 S.
- DAHL, F. (1908):
Grundsätze und Grundbegriffe der biocönotischen Forschung. – Zool. Anz. 33, 349-353.
- ELLENBERG, H. (Hrsg., 1973):
Ökosystemforschung. – Heidelberg, Berlin, New York. 280 S.
- FRIEDERICHS, K. (1927):
Grundsätzliches über die Lebenseinheiten höherer Ordnung und den ökologischen Einheitsfaktor. – Naturwiss. 15, 153-186.
- FRIEDERICHS, K. (1957):
Der Gegenstand der Ökologie. Studium generale 10 (2): 112-124; 10 (3): 125-144.
- GRIMM, V., SCHMIDT, E. & CH. WISSEL (1992):
On the application of stability concepts in ecology. – Ecol. Modelling 63: 143-161.

- HARPER, J.L. (1977):
Population biology of plants. – London, New York, San Francisco. 892 p.
- HARTFIEL, G. & K.-H. HILLMANN (1972):
Wörterbuch der Soziologie. – Kröners Taschenausgabe 410. 3. Aufl. Stuttgart.
- HERRON, J.W. (1953):
Study of seed production, seed identification, and seed germination of *Chenopodium* ssp. – Cornell Univ., Agricult.Exp. Station, Memoir 320, 1-24. Ithaca, N.Y.
- HESSE, R. (1924):
Tiergeographie auf ökologischer Grundlage. Jena.
- HOWE, H.F. & L.C. WESTLEY (1988):
Ecological Relationships of Plants and Animals. Oxford. Deutsche Übersetzung: Anpassung und Ausbeutung. Wechselbeziehungen zwischen Pflanzen und Tieren. Heidelberg, Berlin, Oxford 1993. 310 S.
- KREH, W. (1952):
Der Fliederspeer (*Buddleia variabilis*) als Jüngsteinwanderer unserer Flora. Aus der Heimat 60, 20-25.
- KREH, W. (1955):
Auf dem Stuttgarter Trümmerschutt erzeugte Samenmengen. – Jahresh. Ver. vaterländ. Naturkd. Württ. 110, 212-215.
- LEPENIES, W. (1976):
Das Ende der Naturgeschichte. – München, Wien.
- LESER, H. (1991):
Landschaftsökologie. 3. – Aufl. Stuttgart. 647 S.
- LEVI-STRAUSS, C. (1973):
Das wilde Denken. – Frankfurt/M.
- MANDEVILLE, B. de (1714, 1980):
Die Bienenfabel oder private Laster, öffentliche Vorteile. – Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft 300. Frankfurt a.M. 440 S.
- MARKL, H. (1980):
Ökologische Grenzen und Evolutionsstrategie. – Forschung. Mitteilungen der DFG 3/80, I-VIII.
- MAY, R.M. (1992):
Wie viele Arten von Lebewesen gibt es? – Spektrum d. Wissenschaft, Dezember 1992, 72-79.
- MAYER, J. (1992):
Formenvielfalt im Biologieunterricht – Ein Vorschlag zur Neubewertung der Formenkunde. – IPN, Kiel.
- MAYR, E. (1984):
Die Entwicklung der biologischen Gedankenwelt. – Springer, Berlin.
- MÖBIUS, K. (1877):
Die Auster und die Austernwirtschaft. – Berlin.
- ODUM, E.P. (1969):
The strategy of ecosystem development. – Science 164: 262-270.
- PIMM, S.L. (1984):
The complexity and stability of ecosystems. – Nature 307, 321-326.
- RAVERA, O. (1984):
Considerations on some ecological principles. In: COOLEY, J.H. & F.B. GOLLEY (eds.): Trends in ecological research for the 1980s. NATO Conference Series I: Ecology.
- RESWOY, P.D. (1924):
Zur Definition des Biocönose-Begriffes. – Russ. Hydrobiol. Ztschr. 3, 204-209.
- RIEGER, R. & A. MICHAELIS (1958):
Genetisches und cyto-genetisches Wörterbuch.
- SALISBURY, E. (1942):
The reproductive capacity of plants. – 142 S. London.
- SALISBURY, E. (1961):
Weeds and aliens. – 384 S. London.
- SCHAEFER, M. (1992):
Ökologie. Wörterbücher der Biologie. 3. Aufl. Jena.
- SCHNEIDER, C.K. (1905):
Illustriertes Handwörterbuch der Botanik. – Leipzig.
- SCHNEIDER, Ch.; U. SUKOPP & H. SUKOPP (1994):
Biologisch-ökologische Grundlagen des Schutzes gefährdeter Segetalpflanzen. Schriftenr. Vegetationskde. 26, 1-356
- SEDLAG, U. & E. WEINERT (1987):
Biogeographie, Artbildung, Evolution. Wörterbücher der Biologie. Stuttgart.
- SENGBUSCH, P. v. (1989):
Botanik. – Hamburg, New York.
- SIMPSON, G.G. (1961):
Principles of animal taxonomy. – New York.
- SOMBART, W. (1913):
Luxus und Kapitalismus. – Berlin
- SUKOPP, H. (1995):
Biotop. In: AKADEMIE FÜR RAUMFORSCHUNG UND LANDESPLANUNG: Handwörterbuch der Raumordnung. – Hannover. S. 110-114.
- TANSLEY, A.G. (1935):
The use and abuse of vegetational concepts and terms. – Ecology 16, 284-307.
- THIENEMANN, A. (1918):
Lebensgemeinschaft und Lebensraum. – Naturwiss. Wochenschr. N.F. 17, Nr. 10, 281-303.
- TISCHLER, W. (1993):
Einführung in die Ökologie. 4. Aufl. Stuttgart, Jena, New York. 528 S.
- TREPL, L. (1987):
Geschichte der Ökologie. – Athenäum, Frankfurt am Main. 280 S.
- TREPL, L. (1995):
Towards a theory of urban biocoenoses – some hypotheses and research questions. (3-21). In: SUKOPP, H., M. NUNMATA & A. HUBER (eds.): Urban ecology as the basis of urban planning. The Hague.

UEXKÜLL, J. von (1909):

Umwelt und Innenwelt der Tiere. 2. Aufl.

WEBER, M. (1904):

Die protestantische Ethik und der Geist des Kapitalismus. Abgedr. in: Gesammelte Aufsätze zur Religionssoziologie Bd. 1 (1947).

WEHSARG, O. (1918):

Die Verbreitung und Bekämpfung der Ackerunkräuter in Deutschland. Band I: Biologische Studien und allgemeine Bekämpfung. – Arb.Dtsch.Landwirtsch.-Ges. 294. Berlin. 515 S.

WEIDEMANN, G. (1994):

Eigenschaften ökologischer Systeme. – Ber.ü.Landwirtsch. N.F. Sonderh. 209, 22-36.

ZACHARIAS, F. (1980):

Beiträge zur Ökologie von *Chenopodium botrys* L. VII. Keimung, intraspezifische Konkurrenz und Phänologie. – Verh.Bot.Ver.Prov. Brandenburg 115, 1-20.

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Herbert Sukopp
Technische Universität Berlin
Institut für Ökologie
(Ökosystemforschung und Vegetationskunde)
Schmidt-Ott-Straße 1
D-12165 Berlin

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: [2_1997](#)

Autor(en)/Author(s): Sukopp Herbert

Artikel/Article: [Wie funktionieren Ökosysteme? 33-44](#)