

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

SITZUNGSBERICHTE

JAHRGANG

1988

MÜNCHEN 1989

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Die erfindungsreiche Natur und Probleme der Ökologie

Von Hansjochem Autrum

in München

Vorgetragen in der öffentlichen Sitzung am 1. Februar 1988

Natur – das Wort hat mehrere Bedeutungen. Für die griechischen Philosophen war es der Teil der Welt, in den der Mensch nicht eingegriffen hatte, der unberührt vom Menschen ewigen Gesetzen folgt. Wir sprechen aber auch von der Natur des Menschen oder einer Sache und meinen damit deren Wesen. Wir stellen Natur und Kunst, Natur und Technik gegenüber. Der Mensch ist Teil der Natur. Zwischen dem Menschen und seiner Umwelt bestehen daher enge Beziehungen und sie wirken notwendig aufeinander ein. Im folgenden soll von der Natur als der belebten Umwelt des Menschen die Rede sein. Seit er jagt und vor allem, seit er Ackerbau treibt und Siedlungen und Städte anlegt, hat er zunächst die Natur in seiner näheren Umgebung verändert.

Mit der zunehmenden Industrialisierung hat der Mensch dann weiter und weiter in seine Umwelt, in die belebte und unbelebte eingegriffen. Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts ist sie immer mehr zum bloßen Objekt geworden, das man ausbeuten kann und schließlich weltweit ausbeutet. Etwa zur gleichen Zeit, in den Fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts entstanden Bestrebungen, einzelne gefährdete „Naturdenkmäler“ zu pflegen und zu erhalten. 1906 wurde in Preußen eine „Staatliche Stelle für Naturdenkmalpflege“ eingerichtet. Wenige Jahre später, 1911, wurde nach dem Vorbild der USA der erste deutsche „Naturpark“ gegründet, die Lüneburger Heide. 1921 schließlich wurde ein kleiner Teil – der Wilseder Berg – zum Naturschutzgebiet erklärt.

Diese Heide ist der Rest einer Landschaftsform, die erst im Mittel-

alter entstanden ist, unter dem Einfluß des Menschen. Um Höfe und Siedlungen ringförmig zunächst die bebauten Felder. Ein zweiter Ring: die Viehweiden. Der dritte Ring: locker stehende Eichen. Und schließlich ein Ring bestanden mit Heidekraut. Ursprünglich ist die Lüneburger Heide eine Moränenlandschaft, bestanden mit Eichenwäldern. Sie wurden durch den Holzbedarf der menschlichen Siedlungen weitgehend reduziert. – Wozu Eichen und wozu Heidekraut?

Eichen liefern hervorragendes Futter für Schweine: die Eicheln. Dicht, in einem Wald stehende Eichen tragen aber nur in großen zeitlichen Abständen Eicheln in hinreichend großer Menge, um genügend Futter für eine Schweinezucht zu liefern. Stehen sie frei mit genügend großen Zwischenräumen, so tragen sie in jedem Jahr. Das erst ermöglichte eine rationelle Schweinemast, die das nötige Fleisch lieferte. Von diesen Waldweiden, auch Hütewald genannt, sind Reste erhalten, zum Beispiel der Neuenburger Urwald bei Wilhelmshaven und der Urwald bei der Sababurg in der Nähe von Kassel. „Beide haben mit Urwald nichts zu tun, sondern sind nichts anderes als mittelalterliche Schweinemastgebiete“ (H. Remmert, *Naturwissenschaften* 72, S. 631, 1985).

Und die Heideflächen um den lichten Weidewald? Heidekraut ist als Viehfutter wenig geeignet. Aber es liefert Honig, und Honig war im Mittelalter Europas einzige Zuckerquelle. Und wo Salz Mangelware war, diente er auch zum Konservieren von Fleisch. Das hatte zur Folge: Die Imkerei war eine wirtschaftliche und damit eine politische Macht.

In den heute noch sogenannten Urwäldern bei Wilhelmshaven und Kassel und in der Wilseder Heide erhalten wir also keine Denkmäler einer vom Menschen unbeeinflussten Natur, sondern Kulturlandschaften, im Mittelalter aus wirtschaftlichen Gründen vom Menschen geschaffen.

Die unberührte Natur sieht anders aus. Das spricht nicht gegen den Schutz dieser Denkmäler einer mittelalterlichen Landwirtschaft. Wir schützen und pflegen auch Baudenkmäler aus dieser und älterer Zeit mit vollem Recht.

Schützen hat das Ziel zu bewahren, den heutigen Zustand zu erhalten und zu konservieren. Voraussetzung: das System bleibt so wie es ist, wenn wir es nur hinreichend gegen Eingriffe und Störungen abschirmen. Oder anders: Es befindet sich in einem Gleichgewicht

und kann in diesem Gleichgewicht erhalten werden. Gibt es eine solche Konstanz in der Natur?

In vielen Gebieten Deutschlands findet sich Rotbuchenwald aus großen, im wesentlichen gleich alten Bäumen; ihre Stämme sind hoch, die Laubkrone bildet ein nahezu geschlossenes Dach. Solch ein Wald ist einer großen Halle vergleichbar, daher auch der Name „Buchenhallenwald“. Am Waldrand – und nur an ihm – stehen niedrige Büsche; sie schützen die Stämme der Buchen im Sommer vor direktem Sonnenlicht. Intensive Bestrahlung im heißen Sommer vertragen die Buchenstämme nicht; die Rinde platzt ab und der Baum stirbt. Der Grund: Die Rinde und die darunter gelegene Schicht lebenden Gewebes, das Kambium, wird zu stark erwärmt und wird geschädigt (Remmert 1984, 1985; Nicolai 1985, 1986).

Die glatte Rinde der Buchen schützt also nur ungenügend gegen zu starke Erwärmung durch die Sonne. Wird durch einen Sturm eine Buche umgestürzt, so sind die Buchen ihrer Umgebung der gleichen Gefahr der Überhitzung der Rinde ausgesetzt: Der Wald wird immer mehr zurückgedrängt (Remmert 1985).

Ein weiteres kommt dazu: Alle Bäume eines solchen Buchenwaldes sind gleich alt. Unter ihnen gibt es keine Verjüngung. Irgendwann muß der Wald insgesamt zusammenbrechen. Warum aber wachsen keine jungen Buchen nach? Warum kann der Buchenwald sich nicht selbst regenerieren? Dies die eine Frage. Die andere: Können wir einen Buchenhallenwald beliebig lange erhalten?

Zur ersten Frage die Antwort: Auf dem Boden des Buchenwaldes liegt eine dichte Schicht alten Buchenlaubes. Diese Schicht ist gegen Zersetzung und Fäulnis sehr beständig. In einem solchen Hallenwald geht man durch eine hohe Schicht raschelnden Laubes. Sie läßt die Samen, die Bucheckern nicht keimen; sie finden nicht bis zum tief unter dem lockeren Laub liegenden Humus. In einem Buchenhallenwald findet man daher keine jungen Buchen.

Zur zweiten Frage: Da junge Buchen nicht nachwachsen können, regeneriert sich der Hallenwald nicht. In einem gewissen Alter aber gehen die Bäume durch Unwetter und Sonneneinstrahlung ein. Der Buchenwald verschwindet, zunächst an einigen Stellen und dann fortschreitend, und zwar aus ganz natürlichen Gründen, ohne Zutun des Menschen.

An der Stelle von Buchen sprießen nun zunächst niedrige Stauden

und dann Birken aus dem Boden. Birkensamen ist in fast jedem Waldboden in genügender Menge vorhanden. Da sich zudem kein weiteres Buchenlaub auf dem Boden anhäuft, kann nun das alte Buchenlaub auch verwittern und eine Humusschicht bilden. Man schätzt dafür eine Zeit von etwa sieben Jahren. In dieser Schicht finden niedrige Büsche und Birken genügend Nahrung. Dazu kommt: Die weiße Rinde der Birken reflektiert das Sonnenlicht fast ganz; die Rinde und das darunter liegende Gewebe werden daher auch bei starker Sonnenbestrahlung kaum erwärmt. Ähnliches findet sich bei vielen Eukalyptus-Bäumen Australiens: Sie haben eine nahezu weiße Rinde, die auch bei starker Sonneneinstrahlung kaum erwärmt wird. Die Birken werden dann durch Bäume verdrängt, deren Rinde später stark rissig ist: Ulmen, Eichen, Ahorn.

Manche Ahornarten enthalten Stoffe, die wiederum Birkenkeimlinge schädigen (Rice, 1984). Solche Giftwirkungen auf andere Pflanzen sind seit langem bekannt. Ein klassisches Beispiel sind die Ausscheidungen von Schimmelpilzen, die das Wachstum von Bakterien hemmen. Diese Stoffe haben als Penicilline heute eminente Bedeutung in der Medizin. Die vom Ahorn ausgeschiedenen Gifte bestimmen den Zyklus: Auf Birken kann nur Ahorn folgen, nicht aber umgekehrt auf Ahorn Birke.

Rissige Rinde enthält zahlreiche Lufträume; sie schützt das lebende Gewebe unter ihr vor Überhitzung. Auch Eichen haben eine solche sehr rauhe und recht dicke Rinde. Sie haben noch eine weitere Eigenschaft: Im geschlossenen Eichenwald haben die Eichenstämme keine belaubten Seitenäste; dafür ist die Krone stark entwickelt. Wird eine solche Eiche durch Sturm oder Straßenbau frei gestellt, des Schattens durch die Nachbarn beraubt, dann bildet der Stamm belaubte neue Zweige aus. Sie schützen den Stamm vor direktem Sonnenlicht. Das geschieht auf Kosten der Krone, die weniger oder keine neuen Blätter mehr bildet. Im Schatten dieser Bäume können sich dann junge Buchen wieder entwickeln. Ihre Samen, die Eckern werden leicht verschleppt; sie finden jetzt Humus und den notwendigen Schatten.

Die Entwicklung eines solchen Ökosystems vollzieht sich also in Zyklen. Solche Zyklen werden für den Buchenwald auf 400 bis 600 Jahre geschätzt (Remmert, 1985): Für eine Buchengeneration kann man mit einer Lebensdauer von knapp 300 Jahren rechnen. Auf sie folgen Büsche, Birken und Mischwald; dieses Stadium dauert

etwa 200 Jahre, vielleicht auch etwas länger. Das ist gewiß im Verhältnis zum menschlichen Leben eine lange Zeit. Aber einzelne Stadien eines solchen Zyklus können recht kurz sein: ein Buchenwald kann innerhalb von etwa 30 Jahren zusammenbrechen.

Eine weitere Folgerung: Das Ökosystem befindet sich nie in einem echten, konstanten Gleichgewicht. Nur in kleinen Zeitabschnitten sieht es so aus, als ändere sich nichts. In der Natur ist jedes Stadium nur ein Übergang zu einem anderen.

Ein Buchenwald ist schön, aber recht einförmig. Nur *eine* Baumart ist vorhanden; entsprechend ist auch die Zahl der Arten der hier lebenden Tiere nicht groß. Es sind die wenigen, die an die eintönige Flora angepaßt sind.

Ganz anders nach dem Zusammenbruch eines solchen ökologischen Systems: Da wandern viele Pflanzen- und Tierarten in das Gebiet ein. Stauden und Grasarten zunächst, dann besiedeln Weichhölzer das Gebiet, und mit ihnen kommen Insekten, Vögel und kleine Säugetiere mannigfacher Art. Sie finden in der Mannigfaltigkeit der Pflanzen zahlreiche und vielfältige Lebensräume.

Mit den Zyklen der Pflanzen gehen also Zyklen in der Zusammensetzung der Tierwelt einher; auf Perioden mit wenigen Arten folgen Perioden, in denen die Vielfalt groß ist. Das bedeutet: In dem Maß, wie *eine* Art von Pflanzen – im Beispiel die Buchen – sich durchsetzt, wird auch die Tierwelt nicht nur anders, sondern ärmer.

Das darf nicht falsch verstanden werden: Es gilt nur für begrenzte Flächen, nicht etwa für das Aussterben von Arten auf der Erde überhaupt, sei es durch Einflüsse, die vom Menschen ausgehen, sei es als Folge von Klimaänderungen oder Katastrophen im Laufe der Erdgeschichte.

Ein anderes Beispiel wird zu weiteren wichtigen Folgerungen führen. In der mongolischen Steppe sind an einigen Stellen Wühlmäuse in großer Dichte vorhanden. Viele Individuen leben da dicht zusammen. Die Folge: Die Wühlmäuse graben im Bereich der Wurzeln zahlreiche Gänge und legen Nester an. Das schädigt den Bewuchs an Pflanzen; die Vegetation bricht zusammen; was nachwachsen könnte, wird durch den Verbiß der Wurzeln vernichtet. Die weitere Folge: Die Wühlmäuse finden nicht mehr genug Nahrung, sie verlassen das Areal, ein gut Teil geht zugrunde.

Aber: In den verlassen Gebieten ist der Boden gut durchlüftet

und reich an Kot. Hier entsteht nun eine sehr reiche Vegetation aus aromatischen Pflanzen, sie wiederum werden nach und nach durch gute Futterpflanzen für weidende Säugetiere und pflanzenfressende Insekten verdrängt. Aber auch das hat Grenzen: Der Pflanzenwuchs wird dezimiert, die großen Säugetiere finden nicht mehr genug Nahrung, und nun siedeln sich wieder die Wühlmäuse an. Der Zyklus beginnt von neuem (Literatur s. Remmert, 1985).

Das Beispiel zeigt: Starke Vermehrung unter optimalen Bedingungen kann Katastrophen zur Folge haben; sie können durch Nahrungsmangel bedingt sein; dazu kommen komplexe Vorgänge, wie zum Beispiel Streß durch zu große Dichte und zu häufige soziale Kontakte. Zahlreiche Nachkommen bedeuten keineswegs immer einen Vorteil für eine Population.

Das Beispiel belegt wiederum: Die Gruppen der Wühlmäuse befinden sich niemals im Gleichgewicht mit der Umgebung. Eine Zeit lang nimmt ihre Zahl und Dichte zu; dann wird sie drastisch reduziert. Das gilt nicht nur für die Wühlmäuse, sondern auch für die Pflanzenwelt im gleichen Areal. Das System oszilliert. Wenn im Areal viele Wühlmäuse vorhanden sind, dann nimmt der Pflanzenwuchs ab. Wieder sei betont: Diese ständigen Änderungen spielen sich ohne das Eingreifen des Menschen ab.

Damit Wühlmäuse und Pflanzen überleben können, müssen sie geeignete Lebensbedingungen in benachbarten Gebieten finden; sie müssen auswandern können.

Eine Frage stellt sich hier: Wühlmäuse gelten allgemein als Schädlinge. Sie vernichten den Pflanzenbewuchs. Aber zugleich schaffen sie durch die Auflockerung der Erde und durch ihren Kot die Voraussetzungen für die erneute Besiedlung mit Blumen und Sträuchern. Wollte man die Wühlmäuse fern halten, sei es durch Zäune, sei es durch Gift oder beides, dann müßte der Boden gedüngt und gelockert, vermeintliches Unkraut gejätet werden. Das heißt: Der Mensch müßte eingreifen und im Extrem die Wühlmäuse ausrotten. Die unberührte Natur ist kein Garten.

Damit Wühlmäuse schließlich auswandern können, müssen nähere oder entferntere für sie geeignete Gebiete vorhanden sein. Oder anders: Eine natürliche Landschaft setzt sich aus Einzelarealen zusammen; diese Areale sind in ihren ökologischen Zuständen, in ihren Phasen zeitlich gegeneinander verschoben.

Ein sich selbst über längere Zeit erhaltendes Ökosystem setzt sich also aus vielen kleineren Untereinheiten zusammen; sie erhalten und bedingen sich gegenseitig. Pflanzensamen werden durch Wind und Vögel weit verbreitet. Tiere wandern. Dabei sind die Verluste außerordentlich hoch. Aber die Natur ist erfinderisch und findet vielfach Möglichkeiten, zu überleben.

Ein Beispiel kann den Erfindungsreichtum der Natur bezeugen. Feuer ist für Lebewesen gefährlich und tödlich, wenn sie ihm nicht ausweichen können. Wald- und Steppenbrände kommen immer wieder vor, auch wenn sie nicht aus Fahrlässigkeit vom Menschen ausgelöst werden. Blitzschlag und vielleicht auch Selbstentzündung können regelmäßige Ursachen sein und sind es auch.

Die Wälder in Australien bestehen vielfach aus Eukalyptusbäumen. Aus Australien und Tasmanien sind über 400 Arten Eukalyptus bekannt. Viele von ihnen werden in der Wirtschaft genutzt. Weil manche Eukalyptusbäume sehr schnell wachsen und wenig Ansprüche an den Boden stellen, sind sie auch nach Südeuropa eingeführt worden, vor allem zur Aufforstung von entwaldeten und erosionsgefährdeten Hängen.

Zu den Eukalyptusarten gehören auch die Jarrabäume (*Eucalyptus calophylla*). Sie erreichen Höhen bis zu vierzig Metern bei einem Durchmesser des Stammes von knapp einem Meter. Belaubt ist nur die sehr lockere und lichte Krone.

Der Unterwuchs der Jarra- und anderer Eukalyptus-Wälder besteht aus vielerlei niedrigem Gebüsch, oft auch Farnen. Die typischen Bäume dieses Unterwuchses sind sehr eigentümliche Grasbäume (*Xanthorrea preissii*), black boys genannt (Abb. 1). So sonderbar wie ihr Name ist ihr Aussehen, zumindest für uns Europäer; Australiern sind sie wohlvertraut. Ihr Aussehen: bis zu vier Meter hohe Stämme tragen an ihren Enden ein dichtes Büschel von langen fadenförmigen Blättern, deren Spitzen bis auf die Erde herunterhängen können, in der Regel aber kürzer sind. Umwachsen ist der Stamm von einer mehrere Zentimeter dicken Schicht, die aus früher hier ansitzenden Blättern besteht. Die äußere Schicht dieser Rinde ist schwarz, verkohlt. Über dem Blattbüschel am Kopf erhebt sich ein bis zu 90 Zentimeter langer, schlanker stabförmiger Blütenstand der nach dem Abfallen der weißen Blüten schwarz wird. Wer inmitten einer Schar solcher Grasbäume steht, hat den Eindruck, von dunkelhäutigen

Eingeborenen umgeben zu sein, über deren Wuschelkopf – den Blättern – sich die Spitze einer Lanze, der Blütenstab, erhebt. Daher der einheimische Name: black boy (Abb. 2).

Diese sonderbaren Bäume sind im botanischen System eng mit den Liliengewächsen verwandt, vor allem im Bau ihrer Blüte, aber auch in vielen anderen morphologischen Eigenschaften.

Grasbäume widerstehen nicht nur einem Feuer: Sie können sich ohne Feuer gar nicht entwickeln. Etwa alle drei bis vier Jahre brennt – unter natürlichen Verhältnissen – der Bestand an Grasbäumen im Jarra-Wald. Die aus grasartigen Blättern bestehenden Büschel am Kopf des Grasbaumes brennen lichterloh, aber nur kurze Zeit, zwei bis drei Minuten. Dann zieht das Feuer weiter. Die dicke Rinde verkohlt dabei nur an der äußersten Oberfläche.

Die meisten Grasbäume sind auf das Feuer angewiesen: Ist es vorübergezogen, so wächst der Baum in kurzer Zeit um etwa 30 Zentimeter. Ohne Feuer hängen die vertrockneten fadenförmigen Blätter wie lange Haare um den Baum bis zum Boden. Aber der Baum wächst nicht (Wallace, 1966; Hatch, 1959; Göbel, 1976).

Das Feuer findet in solch einem natürlichen Wald nur in Bodennähe bis zu einer Höhe von wenigen Metern trockenes, brennbares Laub. Die Jarrabäume überstehen das. Ihr Stamm ist zwar schwarz und rußig, aber das kurze Feuer übersteht er. Wie ist es mit den jungen Eukalyptus-Pflanzen, die mit ihren Trieben gerade aus der Erde kommen und den Feuersturm über sich ergehen lassen müssen? Auch sie haben – erfindungsreich – Anpassungen ganz spezieller Art entwickelt.

Die Samen vieler Eukalyptus-Bäume entwickeln an ihren Wurzeln dicke Anschwellungen, in denen reichlich Reservestoffe gelagert sind. Sie liegen tief genug in der Erde und werden durch einen Waldbrand nicht nennenswert erhitzt. Der *Sproß* geht zugrunde, aber von der unterirdischen Knolle wächst ein neuer Stockausschlag empor und der verkohlte Wald wird alsbald wieder lebendig.

Ein weiteres Beispiel für den Erfindungsreichtum der Natur: Im Jarra-Wald gibt es andere Eukalyptusarten, deren Früchte von einer Schale aus dickem Holz umgeben sind. Diese Hülle öffnet sich nur, wenn sie kurze Zeit im Feuer gelegen hat. Sobald sie danach feucht wird, springt die angesengte hölzerne Hülle auf und gibt die Samen frei.



Abb. 1. Eukalyptus-Wald mit Grasbäumen. Die Rinde der Grasbäume ist durch Brände verkohlt; an der Spitze beginnen neue fadenförmige Blätter zu wachsen. (Photo von Inge Thomas)

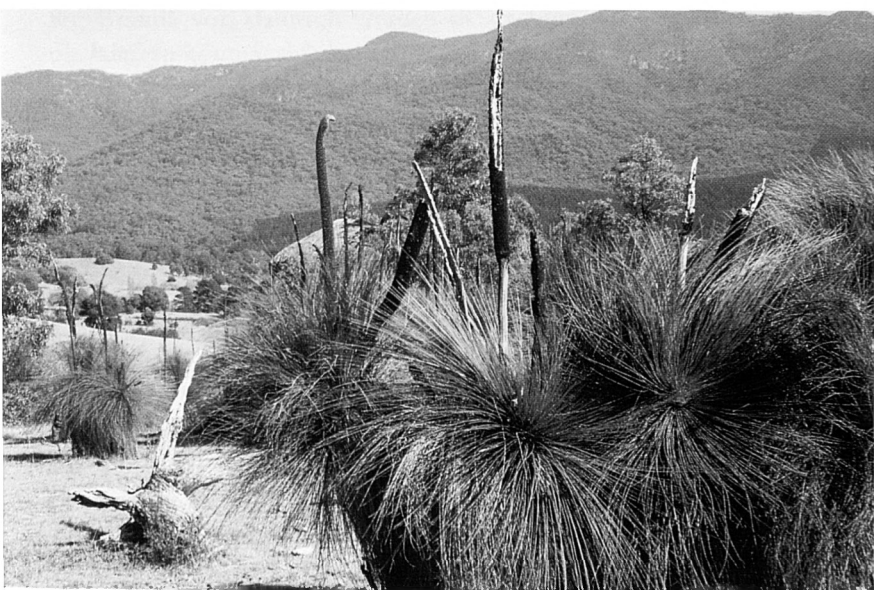


Abb. 2. Grasbäume mit abgeblühten Blütenstielen. (Photo von Inge Thomas)

So sonderbar es für uns klingt: Es gibt Ökosysteme, die ohne regelmäßige Waldbrände nicht lebensfähig sind. Der typische Jarra-Wald benötigt andererseits Niederschläge von mehr als 75 Zentimeter im Jahresdurchschnitt. Wieder macht ein solches Ökosystem regelmäßige Zyklen durch. Wollte der Mensch das immer wiederkehrende Feuer verhindern, so ginge diese Lebensgemeinschaft zugrunde. Heute sind unberührte Jarra-Wälder auf wenige Gebiete Australiens beschränkt. Aber Waldbrände sind überall noch häufig, die black boys daher keine Seltenheit.

Feuer prägt nicht nur diese Lebensgemeinschaften in Australien. Es gibt Bäume, die gegen Feuer sehr empfindlich sind, in Europa die Fichten und Laubbäume wie Buchen und Linden. Ein dichter Fichtenbestand ist aber gegen Feuer weitgehend sicher. Die kurzen Fichtennadeln liegen am Boden in dichter Packung, und diese geschlossene Decke brennt nur schwer oder gar nicht.

Unter Kiefern dagegen liegen Nadeln und Zweige in lockerer Schicht, die leicht entzündbar ist und schnell abbrennt. Im Norden von Europa, in Sibirien und Nordamerika gibt es einen Waldgürtel, der im wesentlichen aus Fichten und Kiefern besteht. Die mittlere Jahrestemperatur liegt hier unter null Grad; die Vegetationsperiode ist nicht länger als drei bis vier Monate. Auch hier kommen regelmäßige Brände vor; dadurch werden die Fichten stark geschädigt, und die Kiefern können sich halten. Ohne das Feuer beständen diese Wälder allein aus Fichten. Dazu kommen weitere spezielle Anpassungen mancher Kiefernarten: Ihre Zapfen geben die Samen erst frei, wenn sie auf 70–80° erwärmt worden sind (s. dazu: Remmert, 1984).

Feuer schaltet bei diesen nicht nur hitzebeständigen, sondern der Hitze bedürftigen Pflanzen Konkurrenz aus. Nach einem Waldbrand nehmen ihnen selbst oder zumindest ihren Samen andere Pflanzen weder das Licht noch Nahrungsstoffe im Boden.

Der Mensch hat in der Nähe seiner Siedlungen Feuer bekämpft (soweit er es nicht kontrolliert zur Rodung eingesetzt hat). Daher nahm in allen vom Menschen besiedelten Gebieten die Häufigkeit natürlicher Waldbrände ab. Das wiederum hatte erhebliche Folgen für die Ökologie und die Zusammensetzung der Flora und Fauna dieser Regionen. Nordeuropa wurde durch die gegen Feuer anfällige Fichte bewaldet. Buchenwälder – gegen Sonneneinstrahlung und erst recht gegen Feuer überaus empfindlich – gibt es nördlich der Alpen

erst seit 2000–3000 Jahren. Buchenwälder sind hier eine Folge des Eingreifens des Menschen in den natürlichen Zyklus, z. B. seit der Mensch Feuer in seiner Nachbarschaft bekämpft hat.

Das gleiche gilt – zum Beispiel – für die Mammutbäume Nordamerikas. Mammutbäume sind im westlichen Nordamerika in Höhen zwischen 1500 und 2500 Meter zu Hause; seit 1870 gedeihen sie in einigen Gebieten am Bodensee. Sie werden bis zu 135 Meter hoch, die säulenförmigen Stämme haben Durchmesser bis zu zwölf Meter. Das Alter der größten wird auf 3000 bis 4000 Jahre geschätzt. In den nordamerikanischen Wäldern verhindern Fichten die Keimung und das Wachstum der Mammutbäume.

In diesen Gebieten hat man daher seit einigen Jahren kontrolliertes Feuer zur Erhaltung der Bestände an Mammutbäumen eingesetzt. Der Natur- und Landschaftsschutz hat hier also Folgerungen aus den Erkenntnissen der Ökologie gezogen. Auf diese Weise werden künstliche Landschaftsformen erhalten, die nicht beständig wären, griffe der Mensch nicht ein.

Eine weitere wichtige Folgerung: Da keine Lebensgemeinschaft über lange Zeit konstant ist, können in einem Gebiet Arten verschwinden, ohne daß der Mensch die Ursache ist. Dafür einige Beispiele:

Die Tierwelt der Meere gilt seit langem als besonders konstant, soweit nicht etwa Fischbestände durch Abfischen zu stark dezimiert werden. An der Ostsee – aber nicht nur hier – leben in der Regel Tordalken und Trotellummen. Das sind Vögel von der Größe einer Ente mit etwa 5 cm langem Schnabel. Wer sie am Meeresstrand stehen sieht, könnte glauben, er habe einen kleinen Pinguin vor sich.

Sucht man in Büchern nach Vorkommen und Zahl dieser Vögel an der Ostsee, so stößt man auf erhebliche Widersprüche. Sie erklären sich als Folgen von sehr kalten Wintern; dann sind diese Vögel für lange Zeit aus der Ostsee verschwunden, und es braucht Jahrzehnte, bis sie wieder auf etwa 50000 im Gesamtareal der Ostsee zunehmen (Remmert, 1957).

In diesem Fall ist jede langfristige Voraussage unmöglich. Ob der kommende Winter kalt genug wird, um die Alken und Lummen zu vertreiben, entzieht sich jeder Prognose. Und die andere Folgerung: Aus dem nahezu völligen Verschwinden einer Art kann nicht ohne genaue Untersuchung auf die Ursachen dafür geschlossen werden.

Natürliche Schwankungen sind immer vorhanden. Kein ökologisches System befindet sich in einem vollständigen Gleichgewicht.

Es wird oft versucht, ökologische Systeme durch Computer zu analysieren. Die Vielzahl der wirksamen Faktoren könne, so glaubt man, mit Computern am besten erfaßt werden, um Voraussagen zu ermöglichen. Das gilt aber nur für Systeme, die sich im Gleichgewicht befinden oder um einen immer wiederkehrenden Zustand periodisch schwanken.

Ein solches periodisch oszillierendes System ist zwar in mehr oder weniger langen Zeiträumen im Ungleichgewicht, d. h. es verändert sich. Es kehrt aber immer wieder in einen bestimmten Zustand zurück, vergleichbar einer Pendeluhr. Die Perioden können kurz sein, einige Monate oder Hunderte von Jahren dauern. Die Ökologie nennt auch solche Systeme stabil.

Die Periodizität selbst mahnt zur Vorsicht: Das fast völlige Verschwinden von Arten muß nicht bedeuten, daß eine Lebensgemeinschaft unwiderruflich zugrunde geht.

Die Tierwelt am Boden der Nordsee kann aus dem Inhalt der Mägen von gefangenen Schollen abgelesen werden (Abb. 3). Lange bevor die Nordsee durch Umweltchemikalien verschmutzt sein konnte, in den Jahren 1911 bis 1914, hat man in einem dänischen Fjord bei solchen Untersuchungen festgestellt: 1911 ernährten sich dort die Schollen vorwiegend von kleinen Muscheln, den Pfeffermuscheln; ein Jahr später, 1912, waren in den Mägen der Schollen diese Muschelschalen nicht mehr zu finden, dafür eine andere Muschelart, die als Messerscheiden-Muschel bezeichnet wird. 1913 waren beide Muschelarten wieder häufig die Hauptnahrung, aber nicht 1914. 1911 waren Meereswürmer nur in geringer Zahl in den Mägen zu finden, 1914 waren sie die Hauptnahrung (s. Thorson, 1957).

In den Jahren 1969 bis 1975 schwankte am Boden der Nordsee bei Helgoland die Zahl der Tierarten zwischen 20 und 70; die Zahl der Individuen insgesamt pro Quadratmeter zwischen 200 und nahezu 10000 (Gerlach, 1976). Erhebliche Schwankungen zeigte auch die Menge der im Wasser schwebenden und schwimmenden Kleinlebewesen, des Planktons: Von 1968 bis 1971 nahm dessen Menge auf ein Fünftel ab und stieg in den folgenden drei Jahren wieder auf das Dreifache (Abb. 4).

Das sind dramatische Änderungen in einem Lebensraum, dem

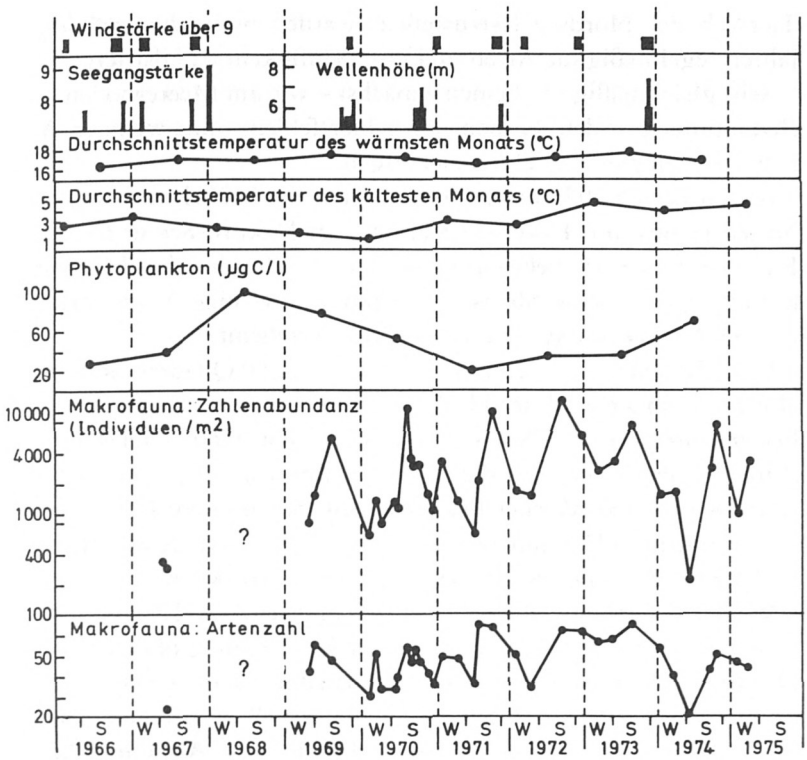


Abb. 4. Änderungen im Bestand der Makrofauna am Boden der Nordsee bei Helgoland in den Jahren 1966–1975 (nach Gerlach, 1976; aus Remmert, 1984)

Meeresboden, der für den unbefangenen Beobachter als sehr konstant gilt. Nur gründliche Bestandsaufnahmen über Jahre und Jahrzehnte geben einen Einblick in diese Verhältnisse. Solche Untersuchungen liegen für nur sehr wenige ökologische Systeme vor. Daher wissen wir auch fast nichts über die Ursachen dieser Periodizität im Meer.

Weiter zeigen die Beispiele: Es nutzt nichts, die Beobachtungen auf eine Tier- oder eine Pflanzenart zu beschränken, und es sagt erst recht nichts, wenn das nur über 2 oder 3 Jahre geschieht. Das gleicht Blitzlichtaufnahmen einer ununterbrochenen Bewegung und bringt nicht nur Verwirrung, sondern es kann auch ungeeignete Maßnahmen zur Folge haben. Um den Einfluß etwa von Umweltchemikalien auf die

Tierwelt der Nordsee festzustellen, werden nunmehr seit einigen Jahren regelmäßig die Arten und ihre Häufigkeiten registriert.

Sehr gleichmäßig erscheinen zunächst – wie am Meeresboden – die Bedingungen in den Tropen. Aber hier fehlen – mit wenigen Ausnahmen – eingehende Untersuchungen.

In den Jahren 1971 bis 1978 verfolgten die Münchener Zoologen Jürgen Jacobs und Ekkehard Vareschi im Nakuru-See in Kenia die Entwicklungen der Lebensgemeinschaften sehr eingehend. Der Nakuru-See wurde gewählt, weil hier nur sehr wenige Arten vorkommen und daher das System übersichtlich erscheint.

Der Nakuru-See hat eine Fläche von etwa 50 Quadratkilometern, also rund ein Zehntel der Fläche des Bodensees; er gehört zu einem Naturschutzpark. Der See – in einer Höhe von 1760 m gelegen – hat Zuflüsse, aber keinen Abfluß. Daher ist er salzhaltig und stark basisch; es ist ein alkalischer Natronsee mit hohem natürlichen Gehalt an Soda. Je nach Verdunstung schwankt die Wassertiefe zwischen 3,5 und 1,5 m. Zuweilen ist der See nahe am Austrocknen.

Wegen des hohen Gehaltes an Salzen und seines sodahaltigen Wassers leben hier nur wenige Arten; diese aber in großer Zahl und Dichte: Eine mikroskopisch kleine Blaualge; eine einzige Fischart, die zu den Buntbarschen gehört; kleine, den Wasserflöhen nahestehende Krebse; Zuckmückenlarven und Rädertiere. Am Ufer leben in großen Mengen Zwergflamingos, eine Vogelart, die für die afrikanischen Natronseen typisch ist.

Zunächst zur Bedeutung der Algen im See. – Primär wird Eiweiß von grünen Pflanzen aus Kohlendioxyd, Stickstoff- und Phosphorsäureverbindungen und Wasser gebildet. Die Energie für den Aufbau von Eiweiß liefert das Sonnenlicht. 1971 und 1972 waren die mikroskopisch kleinen Blaualgen (*Spirulina*) fast ausschließlich die einzigen Pflanzen im Nakuru-See. Das ganze Wasser des Sees war gleichmäßig und dicht von ihnen erfüllt, so dicht, daß eine weiße Scheibe schon in 10–15 cm Tiefe unsichtbar wurde.

Von diesen Algen leben Zwergflamingos. Der Zwergflamingo, ein etwa 80 cm langer Vogel, ist an diese mikroskopisch kleine Nahrung speziell angepaßt. Im Schnabel hat er einen Filterapparat aus zahlreichen, eng beieinanderstehenden feinen Lamellen. Er taucht den Schnabel ins Wasser und preßt durch pumpende Bewegungen der Zunge Wasser durch dieses Filter. Dabei bleiben die Algen in

dem Filter hängen und gelangen als dicker Brei in den Schlund. In den Jahren 1971/72 lebten etwa 1 Million Zwergflamingos am Nakuru-See. Vom Flugzeug aus gesehen standen sie in dichten Scharen an den hinreichend flachen Stellen des Sees. Sie brüteten nicht hier, sondern an anderen Seen.

Die Fische im Nakuru-See vertragen den hohen Sodagehalt und leben ebenfalls von Blaualgen. Dazu kommen seit einigen 10 Jahren Pelikane. Die Pelikane leben von den Fischen im See; sie verbrauchen am Tag über 7000 Tonnen Fische. Die großen Rosaflamingos leben von den Krebsen und Mückenlarven, die sie mit ihrem Schnabel aus dem Wasser seihen.

So die Situation zwischen 1971 bis 1973. Anders Anfang 1974, Ende 1975 und August 1978. Der Anteil der 1972/73 vorherrschenden Blaualge sank von über 90% auf 10% der insgesamt vorhandenen Algen. Die kleinen Krebse waren verschwunden, auch 90% der Zwergflamingos. Statt einer Million fanden sich nur noch 100000, zuweilen sogar nur 32000. Voraussagen, wie sich der Nakuru-See in Zukunft entwickeln wird, sind nicht möglich. Das System des Nakuru-Sees ist also instabil. Man weiß auch den Grund: Ursprünglich, bis in die frühen 60er Jahre gab es keine Fische im Nakuru-See. Dann brachte man eine Art dorthin, die – aus einem Natronsee stammend – den hohen basischen Salzgehalt vertrug. Das war durchaus biologisch gedacht: Der Fisch sollte die Mückenlarven dezimieren und damit die Mückenplage in der Umgebung des Sees bekämpfen. Der Fisch kümmerte sich aber nicht um seine Aufgabe, sondern filtrierte Algen, vermehrte sich und zog die Fische fressenden Vögel an, z. B. Pelikane. Auch sie sind hier also die Folge des Eingreifens des Menschen. Das Einbringen einer einzigen Art, des Fisches hat also das ganze System verändert, es aus seinem Gleichgewicht gebracht. Das biologische System dieses tropischen Sees ist also höchst instabil. Es gibt kein Gebiet der Erde mehr, das nicht vom Menschen beeinflusst ist.

Die Hawaii-Inseln liegen rund 4000 km vom nächsten Festland entfernt im Stillen Ozean. Auch hier hat die Konzentration an Kohlendioxyd in der Luft zwischen 1956 und 1976 meßbar – um 5% – zugenommen. Woher kommt diese Zunahme?

Kohlendioxyd entsteht bei der Atmung, es entsteht ferner beim Verbrennen von Holz und vor allem fossilen Brennstoffen, also Koh-

le und Öl, auch Erdgas. Andererseits wird das Kohlendioxyd von Pflanzen zum Aufbau körpereigener organischer Substanzen gebraucht.

Seit vielen Millionen Jahren besteht ein Gleichgewicht zwischen dem bei der Atmung von Tieren und Pflanzen ausgeschiedenen Kohlendioxyd und der Menge, die von den Pflanzen bei der Photosynthese aus der Luft aufgenommen wird. Die Heizung mit Holz, Kohle und Öl produziert Kohlendioxyd; durch die umfangreiche Abholzung tropischer Wälder wird von den Pflanzen weniger Kohlendioxyd gebunden und aus der Luft entfernt. Beides hat die gleiche Richtung: Der Gehalt der Luft an Kohlendioxyd nimmt zu. Zwar sinkt in jedem Sommer das Kohlendioxyd der Luft auf den Hawaii-Inseln, weil es im weit entfernten Festland durch die Pflanzen gebunden ist. Im Winter aber steigt die Kohlendioxyd-Menge wieder an, und zwar von Jahr zu Jahr mehr und mehr. Auf lange Sicht wird eine weitere Zunahme des Kohlendioxyd-Gehaltes der Luft zu weltweiten Klimaänderungen führen. Wie sie sich auswirken werden, kann niemand voraussagen.

Die Folgen menschlicher Eingriffe in das Naturgeschehen sind weltweit. Von der Ausbreitung radioaktiver Substanzen nach oberirdischen Atombombenexplosionen ist das allgemein bekannt. – Über Folgen dieser weltweiten Einflüsse des Menschen auf die lebende Natur, auf Luftreinheit und Klima können wir nichts, zumindest nichts Sicheres sagen. Wo der Mensch lokal eingreift, lassen sich bei genügender Kenntnis Schäden vermeiden.

Ein positives Beispiel: In den Steppen Australiens hat man Rinder zu züchten versucht. Der Kot trocknete unter dem Einfluß der Sonne schnell zu harten Krusten und zerstörte jeden Pflanzenwuchs. Dazu bildete er einen idealen Boden für Stechfliegen und für die Eier parasitischer Würmer. Zusätzlich zur Vernichtung des Pflanzenwuchses entstanden so verheerende Quellen für eine Infektion der Rinder mit Parasiten und eine, auch für den Menschen lästige Plage durch Stechfliegen. 1963 startete die australische Regierung eine groß angelegte Aktion: Dung wird in wenigen Tagen durch Dungkäfer in den Boden eingearbeitet. In diesem Gemisch von Erde und Rinderkot entwickeln sich die Larven der Dungkäfer. Sie sorgen weiterhin für eine Lockerung des Gemisches aus Kot und Erde. Viele Arten von Dungkäfern wurden zunächst auf ihre voraussichtliche Eignung geprüft.



Abb. 5. Die Sonne spiegelt sich im Nakuru-See (Kenya). Die Algen (*Spirulina*) sind so zahlreich und dicht, daß sie eine „Algensuppe“ bilden (Aufnahme von Prof. Jürgen Jacobs)



Abb. 6. Nakuru-See (Kenya). Längs des Ufers stehen die Flamingos als rotes Band dicht beieinander (Aufnahme von Prof. Jürgen Jacobs)

Von 1967 an wurden 275 000 Käfer – aus Afrika stammend – in den bedrohten Gebieten freigelassen. Sie vermehrten sich und arbeiteten die Kotfladen prompt in die Erde ein. Damit konnten die Pflanzen wieder wachsen, die lästigen Stechfliegen verschwanden, die Infektionsgefahr durch parasitische Würmer war gebannt (Waterhouse, 1974).

Damit scheint aber das Problem noch nicht restlos gelöst zu sein: Den Larven von im Dung lebenden Käfern machen nämlich Fliegenlarven Konkurrenz. Diese entwickeln sich schneller als die Käfermaden, und nehmen ihnen die Nahrung weg. Wie schützen sich die Käfer gegen diese Konkurrenz? Immer leben auf ihnen Milben einer nur auf ihnen vorkommenden Art. Diese Milben greifen die Eier der Fliegen an und schaffen so die Konkurrenz aus dem Wege. Wahrscheinlich bestehen ähnliche Beziehungen auch bei den in Australien eingeführten Dungkäfern; daher werden zur Zeit Versuche gemacht, die zugehörigen Milben zu finden und auf die Käfer in Australien zu übertragen.

Von den Dungkäfern (allein in Europa gibt es über 100 Arten) sagt der alte Brehm: „Sie sind es, welche an schönen Sommerabenden oder bei Sonnenschein am Tage zu Tausenden in der Luft umherfliegen und wie die Hausbienen ihren Stock, einen Misthaufen umschwärmen, der sich manchmal in eine bunte Gesellschaft dieser kleinen Gesellen aufgelöst zu haben scheint. Sie erleichtern sich ihr Leben, graben nicht in den Boden, sondern legen die Eier unmittelbar in den Mist; darum bleibt ihnen Zeit genug, wenn sie sich nicht an den ekelhaften Leckerbissen laben, zeitweilig den schmutzigen Pfuhl mit der von der Sonne durchwärmten Luft zu vertauschen, dem Tanze und Spiele nachgehend.“ (Taschenberg, 1884, in „Brehms Thierleben.“ IV/1, S. 81.)

Kaum jemand denkt sich etwas dabei, wenn er irgendwo auf Dungkäfer trifft. Wer wird gar Milben auf einem Mistkäfer für nützliche Tiere halten? Aber sie sind nur eines von unzähligen Beispielen dafür, mit wie raffinierten Erfindungen die Natur jede einzelne Art zu erhalten weiß und wie komplex die vielen Arten in einer Lebensgemeinschaft miteinander verbunden sind.

Die Einsicht in solche Zusammenhänge ist nur durch zunächst zweckfreie Forschung auf breiter Ebene möglich. Von den zahlreichen getesteten Dungkäfern hat sich schließlich nur eine Art bewährt. Am Nutzen oder an der praktischen Verwertbarkeit orientier-

te Forschung – oft in der Politik „gesellschafts-relevant“ genannt – erhält die grundlegenden Anregungen ausschließlich von einer um ihrer selbst betriebenen zweckfreien Forschung auf breitester Basis. Dafür gibt es unzählige Beispiele. Es ist völlig abwegig, sogenannte gesellschafts-relevante Forschung zu Lasten der reinen Forschung zu treiben. Die Weltraum-Unternehmen liefern genügend Beispiele dafür. Ich erinnere an das Wort von Walther Gerlach: „Da ist viel Verstand drin, aber wenig Vernunft“.

Die vielfältige Verflechtung macht den Natur- und Artenschutz verwickelter als es zunächst aussehen mag. In der Antarktis – und nicht nur hier – sind die großen Walfische durch Jagd stark dezimiert worden. Die größten Wale gehören zu den Bartenwalen. Den Namen haben sie von den eigentümlichen Barten in ihrem großen Maul. Die Barten sind Hornplatten, die von der Haut des Oberkiefers und Gaumens gebildet werden. Dicht an dicht hängen hier mehr als 300 solche Hornplatten. Sie sind am unteren Ende in feine Fäden zerschissen. So entsteht ein riesiges Filter, durch das die Bartenwale das Meerwasser pressen. Kleine Krebse und was sonst im Meerwasser an Kleinlebewesen schwimmt, werden in diesem Filter zurückgehalten und gelangen als dicker Brei in den engen Schlund.

Die Nahrung der Bartenwale besteht aus 5–6 cm langen schlanken Krebsen (*Euphausia superba*). Diese Krebse kommen in dichten Schwärmen vor, in Schwärmen von über 50 m Länge, einer Breite von über 30 m und einer Höhe von 1 m nahe der Wasseroberfläche. Fast 100 Millionen Krebse bilden einen solchen Schwarm, den Krill.

Gejagt wurden die großen Bartenwale, vor allem der Blauwal, 30 m lang, das größte Säugetier, das je gelebt hat. Die zunächst hemmungslose Jagd hat die großen Wale nahezu ausgerottet. Die Folge: Einige Millionen Tonnen Krill wurden weniger verzehrt. Andere Tiere nutzten das erhöhte Angebot an Nahrung aus, die ebenfalls vom Krill leben: Robben und die nur 7 m langen Zwergwale. Sie insbesondere haben sich seit der Ausschaltung der Konkurrenz durch die Blauwale erheblich vermehrt. Damit wird der Zwergwal zum Konkurrenten der wenigen noch vorhandenen Großwale. Eine Vermutung von Biologen ist ernst zu nehmen: Schutz des Blauwales wird nur dann erfolgreich sein, wenn durch Jagd die Konkurrenten um den Krill ausgeschaltet, also vor allem die Bestände an Zwergwalen und Robben drastisch reduziert werden.

Artenschutz erfordert also genaue Einblicke in die komplexen ökologischen Zusammenhänge. Nur die Jagd von Blauwalen unterbinden, könnte nicht ausreichend sein.

Alle bisher angeführten Beispiele spielen sich in Zeiten von einigen Jahren oder Jahrhunderten ab. Bei intensiver Untersuchung könnten sie weitgehend erforscht und die wesentlichen Einflüsse und Zusammenhänge erkannt werden. Damit läßt sich die Sicherheit von Voraussagen erhöhen.

Gibt es daneben grundsätzlich nicht voraussagbare Möglichkeiten der lebenden Natur?

Der Mensch ist wie auch alle Pflanzen und Tiere im Laufe einer langen Evolution entstanden. Die Anfänge und Übergänge haben sich in langen Zeiten über viele Generationen abgespielt. Für den prähistorischen Menschen kann eine Generation mit etwa 20 Jahren angenommen werden. Das ist auch die Lebensdauer der meisten größeren Säugetiere, die als Beute für den Jäger in Frage kommen. Wahrscheinlich haben Vorfahren des Menschen in Afrika und Asien schon vor mehr als einer Million Jahren Werkzeuge benutzt, Wild gejagt und Fallen gestellt. Die Tierwelt hatte also ebenfalls lange Zeit, sich diesem Feind gegenüber anzupassen und Wege zu finden, seine Verfolgung zu überleben.

Es ist strittig, ob die Vorfahren des *Homo sapiens* in Afrika oder in Südasien zu Hause waren (Biegert, 1983). Jedenfalls ist Europa und erst recht Amerika sehr viel später von Menschen besiedelt worden (s. dazu: Cleve, 1987). Was sie an Waffen und Fangmethoden in diese Länder mitbrachten, war wirkungsvoller und hatte eine schnellere Ausrottung der Tiere zur Folge. Die jagdbaren Säugetiere hatten daher keine Zeit, sich an den neuen Feind anzupassen. Die Folge: Die Großtiere Afrikas und Südasiens sind heute noch viel artenreicher als die in der übrigen Welt.

Wie kommen solche Anpassungen zustande? In jeder natürlichen Population von Pflanzen und Tieren gibt es Erbanlagen, die nicht genutzt werden, weil sie unter den augenblicklichen Bedingungen keinen Auslesewert, keinen Selektionsvorteil haben. Klassische Beispiele sind die gegen DDT resistenten Formen von Insekten. Als dieses Gift zur Vertilgung von Insektenplagen eingesetzt wurde, gingen fast alle Individuen daran zugrunde. Einige ganz wenige aber waren resistent, und zwar *bevor* sie je mit DDT in Berührung ge-

kommen waren. Sie vermehrten sich, und nach einigen Generationen gab es nur noch gegen DDT unempfindliche, resistente Stämme; die Plage trat von neuem auf.

Ein anderes Beispiel ist die Wirksamkeit von Antibiotika gegen Bakterien: Unter einigen Hunderttausend oder Millionen von Bakterien gibt es eines oder zwei, die gegen ein bestimmtes Antibiotikum resistent sind.

Das Erstaunliche: DDT kommt wie alle künstlichen Pestizide in der Natur nicht vor. Trotzdem gibt es bei Insekten, wenn auch sehr vereinzelt, Erbanlagen, die gegen DDT schützen.

Und ebenfalls erstaunlich: Antibiotika im weitesten Sinn kommen in der Natur vor. Das Penicillin wurde von Alexander Fleming entdeckt: Auf Nährböden, die mit Bakterien beimpft waren, kamen zuweilen als Verunreinigung Schimmelpilze vor, und um sie herum wuchsen keine Bakterien; die Schimmelpilze schieden also einen Stoff aus, der das Wachstum von Bakterien hemmte, eben das Penicillin. Damit sichern sich die Schimmelpilze wahrscheinlich gegen Fäulnisbakterien, die ihnen das Substrat entziehen, also gegen Konkurrenten. Im weiteren Sinn Antibiotika sind auch die Stoffe, mit denen Ahorn keimende Birkenschößlinge, also ebenfalls Konkurrenten schädigt.

Die Natur hat also verborgene Reserven, Anlagen, die erst unter veränderten Bedingungen entscheidend für ein Überleben sind. Diese Reserven aus verborgenen Anlagen sind ein weiterer Grund, der Voraussagen über die Entwicklung von Lebensgemeinschaften unsicher macht. Wir können diese Möglichkeiten nicht abschätzen, weil das erst möglich ist, wenn neue, nicht voraussehbare Situationen und Umweltbedingungen sie offenkundig werden lassen. Der Reichtum der Natur an Möglichkeiten, an Erfindungen ist viel größer, als wir uns ausmalen, ja größer als wir je erfahren können.

Wir dürfen dabei nicht übersehen: Die lebende Natur braucht für das Durchsetzen ihrer Erfindungen sehr viele Generationen, nicht unbedingt lange Zeit. Evolution zählt nach Generationen, nicht nach Jahren. Bakterien können unter optimalen Bedingungen 20, ja 50 Generationen in einem Tag haben; daher können sich vereinzelte resistente Individuen entwickeln. 50 Generationen sind beim Menschen mehr als 1000 Jahre.

Die Natur trifft also Vorsorge für eine unberechenbare Zukunft.

Selbst in extremen Situationen findet sie Wege zum Überleben. Das darf uns Menschen aber nicht zur Leichtfertigkeit verleiten, zu einem illusionären Glauben, die Natur werde schon irgendwie mit all den Belastungen fertig werden, die wir ihr antun. Sie wird es, aber nicht zu unseren und unserer Kinder Lebzeiten, vielleicht erst in vielen Jahrtausenden. Die Natur kann ohne den Menschen leben, der Mensch aber nicht ohne die Natur.

Zu danken habe ich: Prof. Dr. H. Remmert (Marburg) und Prof. J. Jacobs (München) für viele Anregungen und wertvolle Hinweise; Wendy and Mary Thompson and Rex Thompson (Adelaide, South Australia), die mir durch eine Einladung nach Australien unmittelbare Bekannschaft mit der australischen Flora und Fauna ermöglichten. Mein Dank gilt Frau Inge Thomas für die Abbildungen 1, 2, und Prof. J. Jacobs für die Abbildungen 5, 6.

Literatur

- Biegert, J.: Der Mensch, seine Herkunft und sein Werden. In: Autrum, H., Wolf, U. (Hrsg.) Humanbiologie (Heidelberger Taschenbücher, Bd. 121). Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York. 2. Aufl. (1983), S. 1–43.
- Cleve, H.: Die Ausbreitung des Menschen. In: Wilhelm, F. (Hrsg.) Der Gang der Evolution. Die Geschichte des Kosmos, der Erde und des Menschen. C. H. Beck, München. S. 215–231 (1987)
- Gerlach, S. A.: Meeresverschmutzung. Diagnose und Therapie. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York (1976)
- Göbel, Th.: Feuer Erde. Von Australiens Vögeln, Blumenheiden und Feuerwäldern. Verlag Freies Geistesleben, Stuttgart (1976)
- Hatch, A. B.: The effect of frequent burning on the Jarra (*Eucalyptus marginata*) forest soils of Western Australia. J. Roy. Soc. Western Australia Vol. 42 (1959)
- Nicolai, V.: Die ökologische Bedeutung verschiedener Rindentypen bei Bäumen. Diss. Universität Marburg (1985). 231 S.
- Nicolai, V.: The bark of trees: thermal properties, microclimate and fauna. *Oecologia* (Berlin) 69: 148–160 (1986)
- Remmert, H.: Aves. In: Tierwelt der Nord- und Ostsee. Bd. 38, S. 1–102 (1957)
- Remmert, H.: Ökologie. Ein Lehrbuch. 3. Aufl. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York Tokyo (1984)
- Remmert, H.: Was geschieht im Klimax-Stadium? Ökologisches Gleichgewicht durch Mosaik aus desynchronen Zyklen. *Naturwissenschaften* 72: 505–512 (1985 a)
- Remmert, H.: Der vorindustrielle Mensch in den Ökosystemen der Erde. *Naturwissenschaften* 72: 627–632 (1985 b)

- Rice, E. S.: Allelopathy. New York, Academic Press (1984)
- Thorson, G.: Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). Geol. Soc. Am. Memoires 67 (1): 461–534 (1957)
- Vareschi, E., Jacobs, J.: The ecology of Lake Nakuru (Kenya). V. Production and consumption of consumer organisms. Oecologia (Berlin) 61: 83–98 (1984)
- Vareschi, E., Jacobs, J.: The ecology of Lake Nakuru (Kenya). VI. Synopsis of production und energy flow. Oecologia (Berlin) 65: 412–424 (1985)
- Wallace, W. R.: Fire in the Jarra forest environment. J. Roy. Soc. Western Australia 49 (1966)
- Waterhouse, D. F.: The biological control of dung. Sci. Amer. 230 (4): 100–109 (1974)