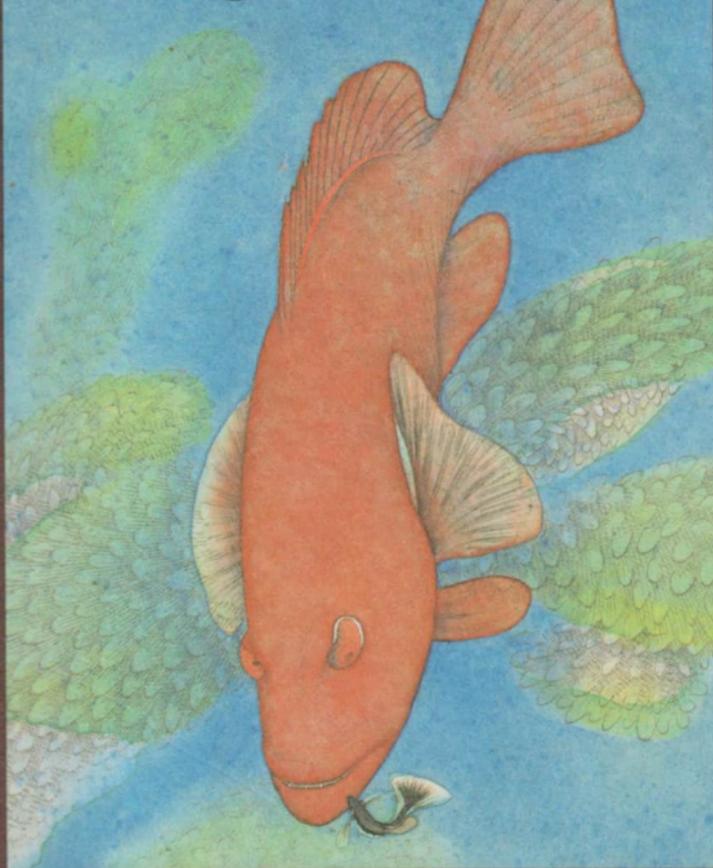
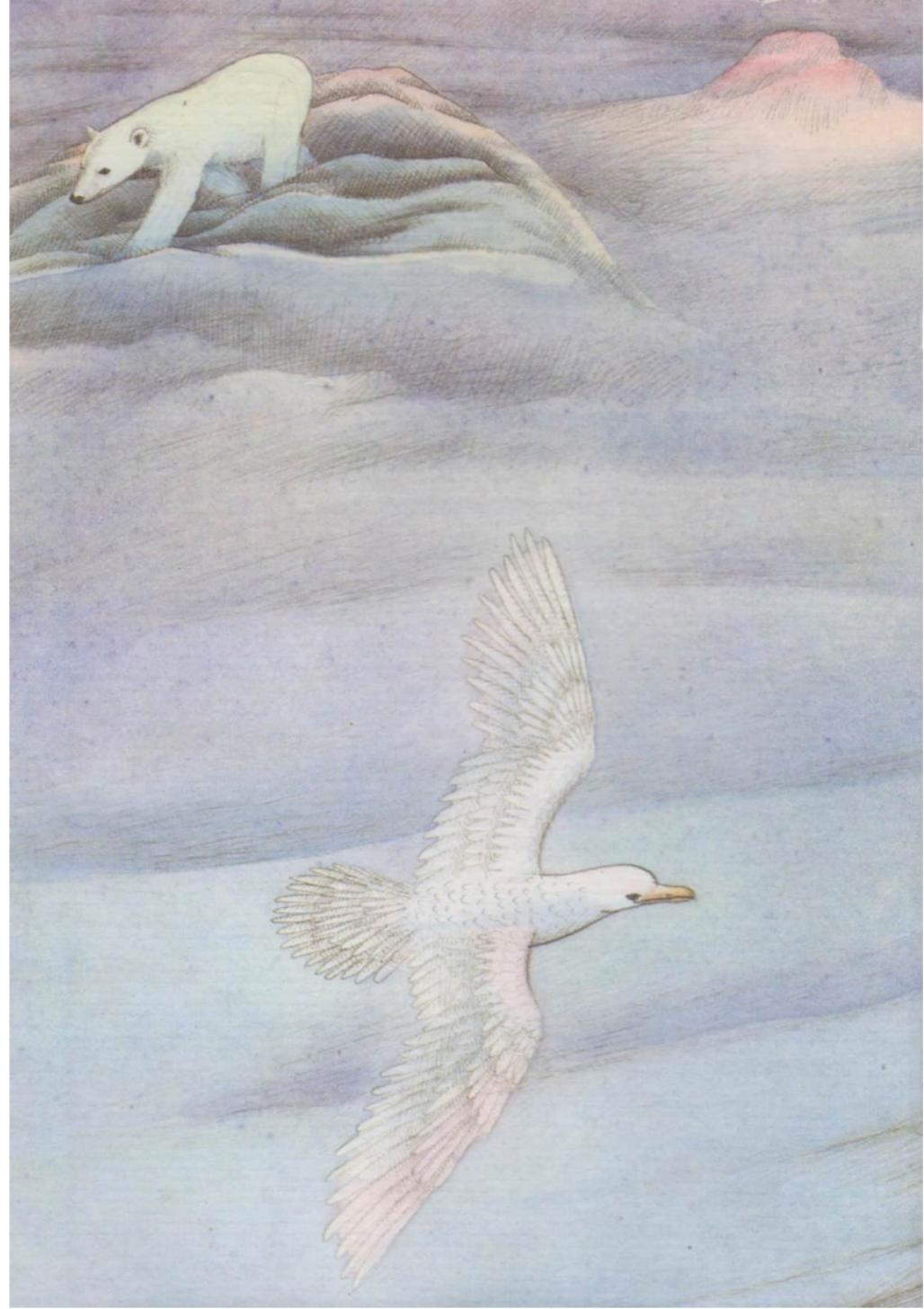


Grümmen Klopfer Sedlag

*Kurzweil durch*

**BIOLOGIE**





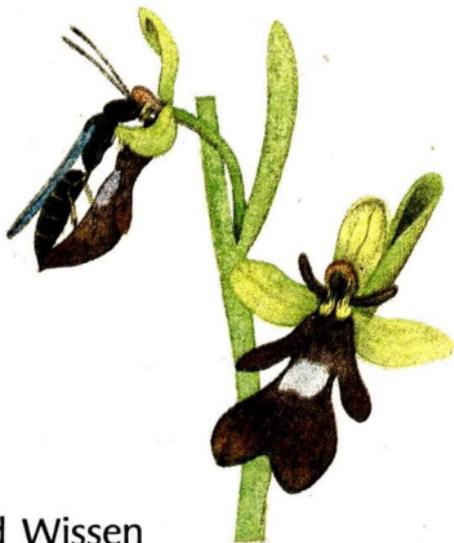


Gerhard Grümmer  
Klaus Klopfer  
Ulrich Sedlag

---

# *Kurzweil durch Biologie*

---



Volk und Wissen  
Volkseigener Verlag Berlin  
1989

Grümmer, Gerhard:

Kurzweil durch Biologie/Gerhard Grümmer; Klaus Klopfer; Ulrich Sedlag. –

1. Aufl. – Berlin:

Volk u. Wissen, 1988. – 192 S.: Ill.

NE: 2. Verf.;; 3. Verf.:

ISBN 3-06-011717-9

1. Auflage

© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1988

Lizenz-Nr. 203-1000/89 (E 01 17 17 – 1)

Printed in the German Democratic Republic

Schrift: 10/12 p Publica mager

Gesamtherstellung: Graphischer Großbetrieb Völkerfreundschaft Dresden

Redaktion: Ute Püschel, Gertrud Kummer

Einband und Zeichnungen: Marianne Schäfer

Fotos: G. Grümmer, K. Klopfer, U. Sedlag, H. Theuerkauf

Typographische Gestaltung: Manfred Behrendt

Redaktionsschluß: 4. Januar 1988

LSV 1307

Bestell-Nr. 7093988

01260

---

# *Inhalt*

---

- 5 Ein Wort voraus
- 7 Leben unter Extrembedingungen
- 31 Nahverkehr und Ferntransport
- 55 Fressen und gefressen werden
- 72 Schutz und Trutz
- 85 Wege und Umwege der Bestäubung
- 99 Wieviele Arten leben im Garten?
- 109 Von Vätern mit Mutterpflichten
- 118 Signale im Tierreich
- 128 Sonnenblumen und Schattenpflanzen
- 141 Genutzter Abfall
- 155 Rund um die Uhr
- 163 Partnerschaften
- 180 Mit Zentimetermaß und Stoppuhr

Die Natur ist voller Wunder. Bei vielen haben wir der Alltäglichkeit wegen das Staunen verlernt, aber ständig werden irgendwo auf der Welt neue entdeckt. Ursprünglich verstand man unter einem Wunder meist etwas Übernatürliches, Unerklärliches. Für uns sind Wunder oft noch unerklärbare Erscheinungen, aber auch Leistungen und Strukturen, die unsere Erwartungen, manchmal auch technisch Nachahmbares, übertreffen. Wer darüber nachdenkt, sieht sich leicht vor die Frage gestellt: Das soll allein durch das Wechselspiel von Zufall (den der Mutationen) und Auslese zustande gekommen sein? Man sollte dann nicht vorschnell mit gängigen Erklärungen zur Hand sein und sich ruhig etwas wundern. Die Antworten von gestern reichen nicht immer aus, und für die von morgen gilt es, zunächst die richtigen Fragen zu stellen.

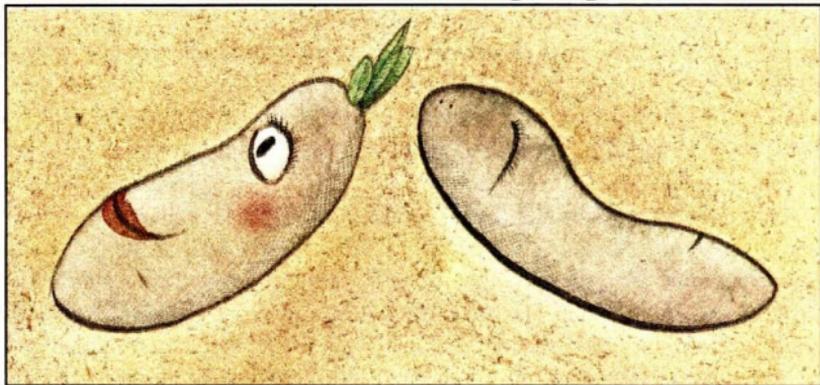
Vieles, was sich vor einigen Jahrzehnten noch nicht erklären ließ, ist heute in Schullehrbüchern nachzulesen. Mancher, der die gleiche Neugier verspürt, wie die Forscher, die die Grenzen unseres Wissens ins Unbekannte vorgeschoben haben, mag mit etwas Enttäuschung denken: Was gibt es denn für uns noch zu entdecken?

Die berühmten weißen Flecke auf den Landkarten, die es zu Zeiten unserer Großväter oder Urgroßväter noch gab, und die der Phantasie viel freien Spielraum ließen, wären heute winzige Fleckchen, würde man sie überhaupt noch einer Darstellung für wert halten. Aber in der Pflanzen- und Tierwelt gibt es weiterhin unendlich viel zu entdecken. So ist es nicht unwahrscheinlich, daß bisher nicht einmal die Hälfte der heute lebenden Tierarten wissenschaftlich untersucht, beschrieben und benannt wurde; allerdings werden viele der noch unbekanntten Tier- und Pflanzenarten, insbesondere die der tropischen Regenwälder, schon ausgestorben sein, ehe die Kenntnis von ihnen den Fundus unseres Wissens bereichert. Auch in der Erklärung der Lebenserscheinungen geht es nicht etwa nur noch um das Schließen unbedeutender Lücken, denn fast jede grundlegende Forschungsarbeit wirft neue Probleme auf, von denen manche erst mit den technischen Möglichkeiten der Zukunft lösbar sein werden.

Sicher ist es eine Befriedigung, wenn man selbst unserem Wissensgebäude ein kleines Steinchen einfügen kann. Aber die Entdeckerfreude sollte nicht geringer sein, wenn es um die Bereicherung des eigenen Wissens geht. Auch dabei ziehen neue Erkenntnisse meist neue Fragen nach sich, und so wird die Neugier zugleich befriedigt und wachgehalten.

In unserem Buch geht es einerseits um die der eigenen Erfahrung nicht mehr zugänglichen Ergebnisse der Forschung, aber genau so oder mehr noch geht es um das ganz persönliche Wissen um die Natur, um ihr bewußtes Erleben und um das Erkennen unserer Verantwortung gegenüber der Natur und ihrer Erhaltung.

# Leben unter Extrembedingungen



## Vom Meer in die Wüste

Das Leben ist unter verhältnismäßig gleichförmigen Bedingungen im Meer entstanden, und lange Zeit hat es sich nur hier entfalten können. Infolge seines Salzgehaltes, in der Tiefe auch durch hohen Druck, kann sich Meerwasser einige Grade unter den Gefrierpunkt abkühlen. Haffe des Persischen Golfes erwärmen sich bis etwa  $40^{\circ}\text{C}$ , aber der Unterschied zwischen den höchsten Sommer- und den tiefsten Wintertemperaturen beträgt auch unter diesen außergewöhnlichen Bedingungen nur  $25^{\circ}\text{C}$ , also knapp halb so viel wie die Temperaturspanne in unserem gemäßigten Klima, selbst wenn man die in der Sonne gemessenen Temperaturen unberücksichtigt läßt. Im allgemeinen schwanken die Temperaturen im Meer weit weniger, und natürlich gibt es für seine Lebewesen weder ein Zuviel noch ein Zuwenig an Feuchtigkeit. Ein weiterer Vorteil des Lebens im Meer ist der starke Auftrieb, der Energie sparen hilft und Pflanzen und Tieren das Leben ermöglicht, die ohne stützende Strukturen und Skelette auskommen.

Der Übergang zum Leben auf dem Land stellte völlig neue Anforderungen, die auch unter den günstigsten Bedingungen anfangs schwer zu erfüllen waren. Aber heute finden wir selbst in den unwirtlichsten Gebieten der Erde Pflanzen und Tiere. Nur der nähere Umkreis der Pole, die vergletscherten höchsten Berggipfel und besonders lebensfeindliche Teile von Wüsten sind davon auszunehmen. In Polnähe ist die monatelange Nacht wohl ein bedeutenderes Hemmnis für die Entfaltung des Le-

bens als die Kälte. In Sibirien setzen die extrem langen und kalten Winter sowie die kurzen, sehr heißen Sommer eine überdurchschnittliche Anpassungsfähigkeit der Organismen voraus. Ist hier der Wechsel der Bedingungen im Verlaufe eines Jahres extrem, treten in Wüstengebieten krasse Unterschiede in jedem Tagesgang auf. Womöglich kann man an der gleichen Stelle, an der das Thermometer unmittelbar am Erdboden am frühen Nachmittag 70°C oder 80°C zeigte, nachts Temperaturen in Gefrierpunktnähe messen.

Es ist schwer verständlich, wie Pflanzen und Tiere so extreme Umweltverhältnisse an manchen Standorten aushalten, und warum sie nicht auf Standorte mit für sie günstigeren Bedingungen beschränkt geblieben sind. Leicht entsteht der Eindruck, sie hätten den Trieb, jeden nur möglichen Flecken der Erde zu nutzen. Aber so ist es sicher nicht. Weniger Eroberer, vielmehr Versprengte und Verstoßene waren es, die sich zufällig den zunächst kaum erträglichen Bedingungen in dem neuen Lebensraum ausgesetzt sahen. Im Prozeß der Anpassung an die neue Umwelt mag ihnen zugute gekommen sein, daß es hier keine überlegenen Konkurrenten gab, und vielleicht auch Räuber, Parasiten und Krankheiten fehlten.

Die Geschichte der meisten Arten sieht jedoch wohl ganz anders aus: Sie haben die heutigen Kälte- und Hitzewüsten, Gebiete mit strenger Winterkälte und Sommerdürre in einer Zeit besiedelt, in der dort von den Organismen noch keine so hohen Anforderungen zu erfüllen waren wie heute. Auf Spitzbergen wird Kohle abgebaut, die dort wie überall unter tropischen Bedingungen entstanden ist und auch Abdrücke von Palmen enthält. Auf der noch weiter nördlich gelegenen Ellesmere-Insel lebten zu Beginn des Tertiärs Alligatoren, die nur in sehr warmen Gebieten vorkommen, so daß man außer auf ein entsprechendes Klima auch auf das Fehlen der heute dort 3 bis 4 Monate währenden Polarnacht schließen kann. Auch in der Antarktis gibt es als Beweis für ein einst wärmeres Klima Kohlelager, und man fand darin bereits einen kleinen Saurier sowie Beuteltierreste. So dürften die Pflanzen und Tiere der heute so lebensfeindlichen Gebiete großenteils an Ort und Stelle ganz allmählich die in oft schier unglaublich anmutenden Fähigkeiten bestehende Antwort auf die veränderten Lebensbedingungen gefunden haben.

Nachfolgend geht es einerseits um die vielfältig geprägten Angepaßtheiten von Tieren und Pflanzen an ganz bestimmte Lebensräume, andererseits um Grundsätzliches in der Auseinandersetzung tierischen und pflanzlichen Lebens mit hohen, tiefen und stark schwankenden Temperaturen.

## *Warmblütigkeit – eine fragwürdige Errungenschaft?*

Die Angepaßtheiten von Tieren an extreme Umweltbedingungen kann man nur dann richtig erkennen, wenn man zwischen kaltblütigen und warmblütigen Tieren unterscheidet. Oder soll man Wechselwarme und Gleichwarme sagen? Seit langem ist man mit dem viel gebrauchten ersten Begriffspaar nicht mehr recht zufrieden, nicht zuletzt deswegen, weil sogenannte Kaltblüter im Sonnenschein mitunter höhere Temperaturen annehmen als sie für Warmblüter charakteristisch sind. Entscheidet man sich für das zweite Begriffspaar, ist auch nicht allzu viel gewonnen. Einerseits leben viele Tiere, die als Wechselwarme einzustufen wären, unter völlig konstanten Temperaturbedingungen. Das gilt für die Innenparasiten von Vögeln und Säugetieren, für Tiefseebewohner sowie für die Tiere, die in kalten und warmen Quellen und in tieferen Bodenschichten leben. Andererseits sind Winterschläfer nur zeitweilig gleichwarm, die heimischen Fledermäuse noch nicht einmal während der Hälfte ihrer Lebenszeit.

Für solch eine ökologische Zweiteilung des Tierreiches ist auch wichtig, ob die Tiere selbst genügend Wärme erzeugen, um eine gegenüber der Umgebung erhöhte Körpertemperatur aufrecht erhalten zu können oder nicht. Regulation der Körpertemperatur und Wärmeezeugung sind zweierlei, und deswegen muß es unbefriedigend bleiben, wenn man mit **einem** Begriff für beides auszukommen versucht.

Das Einteilungsprinzip der Tabelle (s. S. 10) ist komplizierter und kommt der tatsächlich vorhandenen Vielfalt ein ganzes Stück näher, wenn es auch noch längst nicht allen Fällen gerecht wird. Im Nachfolgenden mag es aber der Einfachheit halber bei den altbekannten Bezeichnungen Kalt- und Warmblüter bleiben.

Um die Tabelle nicht zu komplizieren, blieb unberücksichtigt, daß ein Teil der Kaltblüter die Körpertemperatur nicht beeinflussen kann, während wohl die meisten in beschränktem Maße dazu in der Lage sind. Das geschieht oft einfach dadurch, daß eine den eigenen Wärmeansprüchen entsprechende Umgebung aufgesucht wird. Für Kleintiere gibt es dort, wo wir selbst in offenem Gelände einer Einheitstemperatur ausgesetzt sind, ein Licht- und Schatten-Mosaik mit entsprechenden Temperaturunterschieden. Kriechen Insekten oder Schnecken an sonnigen Sommertagen einige Dezimeter an einem Halm empor, sind sie nicht mehr der unmittelbar am Boden herrschenden Hitze ausgesetzt, und an der Schattenseite eines großen Steines ist es wesentlich kühler als an seiner Sonnenseite.

Eine weitergehende Möglichkeit zur Regulation ihrer Körpertemperatur haben Tagfalter, die ihre zuvor zusammengeklappten Flügel oft ausbreiten, wenn die Sonne durch die Wolken bricht, und diese „Sonnenkollektoren“ sofort schließen, wenn sie wieder verschwindet. Ameisen regulieren die Temperatur ihrer Brut durch Umlagerung. Die Roten Waldameisen heizen ihr Nest im Frühjahr dadurch auf, daß sie sich bei Sonnenschein in geschlossener Schicht auf dem Nesthügel bis auf etwa 40°C erhitzen lassen und dann schnell ins Innere laufen, wo sie die gespeicherte Wärme abgeben. Die Möglichkeit, geeignete Wärmebedingungen aufzusuchen, mag die Erklärung dafür sein, daß manche Spinnen Eier und Jungtiere mit sich tragen. Bienen und Wespen können ihre Nester durch Wassereintragen und Flügelschwirren kühlen, aber auch durch Wärmeabgabe der Flugmuskeln heizen und dadurch ziemlich genau eine bestimmte Temperatur einhalten. Ähnlich verhalten sich Schwärmer, die

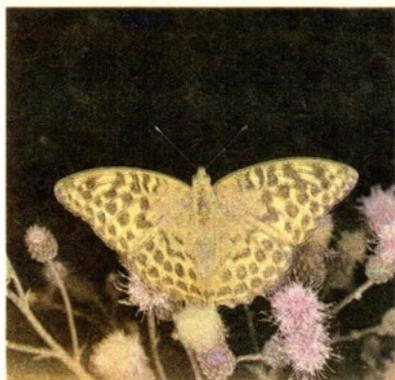
---

#### Tiere und Temperaturen

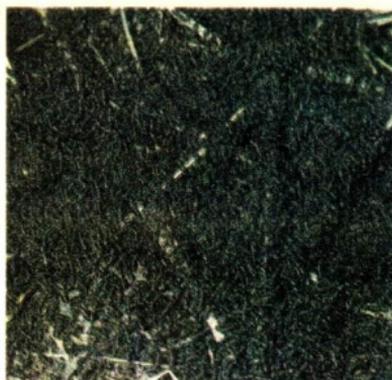
---

Körpertemperatur	Wechselwarme (Poikilotherme)	zeitweilig Gleichwarme (Heterotherme)	ständig Gleichwarme (Homoiotherme)
Kaltblüter oder Wärmenutzer (Ektotherme = von außen erwärmt)	fast alle wirbellosen Tiere, Fische, Lurche und Kriechtiere		wirbellose Tiere und Fische in temperaturkonstanter Umgebung
Kaltblüter, die zeitweilig selbst Wärme erzeugen	brütende Pythons; Warane, Thunfische, Heringshai	brütende Hummeln; Bienen und Wespen, die die Nesttemperatur konstant halten; sich aufheizende Schmetterlinge	
Wärmeselbsterzeuger (Endotherme = von innen erwärmt)		Winterschläfer, Vögel und Säuger, die die Körpertemperatur im Tagesgang absenken	die meisten Vögel und Säugtiere

---



*Ein Kaisermantel  
sonnt sich.*



*Waldameisen  
beim Wärmetragen*

wie viele andere Nachtfalter erst „warmlaufen“ müssen, ehe sie abfliegen können. Mit oft sogar sicht- oder hörbarem Zittern der Flugmuskulatur erwärmen sie diese bis auf 37°C oder auch 40°C. Eine Überhitzung im Flug wird dadurch verhindert, daß dem als Kühler wirkenden schwächer behaarten Hinterleib bei Bedarf mehr Blut aus dem Brustabschnitt zugeleitet wird.

Wenn im Frühjahr kaum mehr eine der Hummeln zu sehen ist, die sich zuvor eifrig an der Bestäubung der Obstblüten beteiligt hatten, dann deswegen, weil sie jetzt regelrecht brüten. Auch bei ihnen wird im Brustabschnitt Wärme abgegeben, die der eng an die Brutzelle angelegte Hinterleib weitergibt. Während die südamerikanischen Riesenschlangen, die Boas, lebende Junge zur Welt bringen, brüten auch die in Südasiens, Afrika und Australien heimischen Pythons, und möglicherweise halten sie nicht weniger genau als die Hummeln eine bestimmte Temperatur ein.

Engere Beziehungen zu einem Leben unter Extrembedingungen gibt es bei denjenigen Tieren, die als Warmblüter in den Grenzbereich der nur zeitweilig temperaturkonstanten Tiere eingedrungen sind. Zunächst geht es aber um Bedingungen, die uns noch ganz normal erscheinen. Auch unsere Winter sind für viele Warmblüter hart, während die meisten Kaltblüter nichts davon merken, weil sie kältestarr und kaum lebendiger sind als etwa ihre Eier. Dagegen müssen Warmblüter jetzt mehr Energie aufbringen als im Sommer, um ihre Körpertemperatur aufrecht zu erhalten. Dabei ist die Ernährungsbasis für Pflanzenfresser und Raubtiere schmaler geworden, und das, was an Freßbarem noch vorhanden ist, zeitweise un-

ter dem Schnee schwer zugänglich. Zudem bleiben tagaktiven Tieren kaum mehr als 8 Stunden für die Nahrungssuche. Während viele Vögel solchen Bedingungen durch weite Wanderungen ausweichen, ist das den meisten Säugetieren nicht möglich. Bei den Fledermäusen führen die Wanderungen im allgemeinen nicht zur Fortsetzung der Aktivität, vielmehr wird ein geeignetes Winterquartier aufgesucht.

Fledermäuse kühlen schon im Sommer während des Tages auf Umgebungstemperatur ab, und sie verhalten sich auch im Winterquartier wie wechselwarme Tiere. Wird bei der Abkühlung der Gefrierpunkt unterschritten, sterben sie. Deswegen ist es so wichtig, daß ihnen Höhlen und Keller zugänglich bleiben. Bei den „echten“ Winterschläfern- in Mitteleuropa Igel, Sieben- und Gartenschläfer, Haselmaus, Birkenmaus, Hamster und Murmeltier – sinkt die Körpertemperatur ebenfalls ab, sobald die Außentemperatur einen bestimmten kritischen Wert erreicht. Aber noch oberhalb des Gefrierpunktes halten sie ihre Temperatur dann konstant und beugen so der Gefahr des Kältetodes vor.

Kein Winterschläfer ist größer als ein Murmeltier. Auch Bären schlafen im Winter längere Zeit, aber bei so massigen Tieren ist Durchheizen offenbar rationeller als Aufheizen nach starker Abkühlung. Das hängt mit dem Verhältnis von Masse und Oberfläche zusammen.



*Verhältnis von Oberfläche und Volumen.* Macht man sich einmal die Mühe, zu errechnen, wie sich das Verhältnis von Volumen und Oberfläche bei Würfeln oder Kugeln verschiedener Größe verändert, erkennt man eine auch in der Biologie äußerst wichtige Gesetzmäßigkeit, die für Körper beliebiger Form gilt: Die Oberfläche wächst mit dem Quadrat der Länge der Seiten (bzw. des Durchmessers), das Volumen mit ihrer 3. Potenz.

Bei kleineren Tieren ist die Körperoberfläche im Verhältnis zum Körpervolumen relativ groß. Die Wärmeabgabe durch so eine große und schlecht isolierte Körperdecke fordert von den kleinsten Warmblütern sehr hohe Stoffwechselleistungen. Das Herz schlägt 800- bis 1000mal in der Minute und der tägliche Nahrungsbedarf übersteigt die eigene Masse. Bei etwa 2 g Körpergewicht ist die untere Grenze des für Warmblüter Möglichen erreicht. So viel wiegen die Etruskerspitzmaus, die vor einigen Jahren in Thailand entdeckte kleinste Fledermaus, und mehrere Kolibriarten.

Es ist schwer verständlich, wie Spitzmäuse bei gefrorenem Boden genügend Nahrung finden. Einige ihrer Arten können die Körpertemperatur notfalls vorübergehend absenken und dadurch Energie sparen. Auch

bei einigen bei uns heimischen Vogelarten gibt es so etwas, nämlich beim Ziegenmelker.

In den Anden lebende Kolibris verfallen möglicherweise Nacht für Nacht in Kältestarre. Manche halten so zäh an ihren Schlafplätzen fest, daß sie im Winter täglich bis zu 100 km weit fliegen müssen, um auf ein ausreichendes Blütenangebot für die Nahrungssuche zu treffen. Sie hätten es leichter, wenn sie zu Winterschläfern geworden wären!

Aber Winterschlaf bei einem Vogel? Daß es das gibt, wurde erst 1946 bekannt. Die im Südwesten Nordamerikas lebende Nuttals Nachtschwalbe, eine Verwandte des Ziegenmelkers, kann wochenlang in Starre verbringen. Für die Wissenschaft war das eine Sensation, die durch alle Zeitungen ging. Daraufhin meldete sich ein alter Herr, der 1909 in einem abgelegenen Gebiet eine kleine Schule übernommen hatte. Hier fand er in dem Loch einer Schulbank eine starre Nachtschwalbe vor, die er für krank hielt. Aber die Kinder versicherten ihm, das Tier würde dort alljährlich seinen Winterschlaf halten und im Frühjahr wieder davonfliegen. Wenn das zutrifft, spricht das außer für eine sehr mäßige Beheizung der Schule für eine erfreuliche Einstellung der Kinder zu Tieren.

Insgesamt ist es also eine ganze Reihe von Tieren, die die zunächst so eindeutig erscheinende Grenze zwischen Kalt- und Warmblütern von der einen oder der anderen Seite aus überschritten hat. Dafür, daß die Warmblütigkeit kein „Patentrezept“ für die Überlebensmöglichkeit bei niedrigen Temperaturen ist, spricht auch, daß die Warmblüter einschließlich der „Grenzgänger“ weniger als 1% aller Tierarten ausmachen.

## *Eisige Kälte – tödliche Hitze*

Zahlreiche Kaltblüterarten können sich sehr gut damit abfinden, das ganze Leben bei Temperaturen um 0°C – wie sie beispielsweise in der Tiefsee herrschen – zu verbringen. In Anbetracht der auf dem Lande vorkommenden Extremtemperaturen mußten sie ihre Vorherrschaft in den Gebieten der höchsten Breitengrade jedoch an die winzige Minderheit der Warmblüter abtreten. Wenn diese schließlich auch ganz unter sich zu sein scheinen: In der Antarktis leben noch dort, wo kein Vogel und kein Säugetier mehr hinkommen, als äußerste Vorposten der Landtierwelt Milben, Springschwänze, Rädertiere, Bärtierchen, Fadenwürmer und Einzeller.

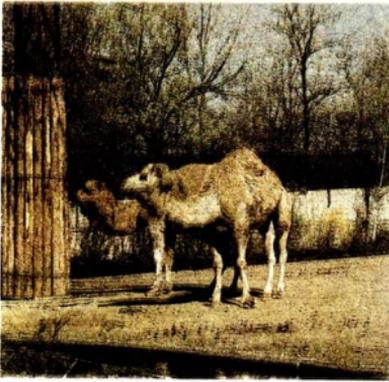
Einerseits besteht für Kaltblüter die Gefahr, einzufrieren, andererseits verläuft ihre Entwicklung so langsam, daß größere Insekten dafür möglicherweise mehrere Jahre benötigen, in denen sie vielleicht jeweils kaum mehr als einen Monat aktiv sind. Gegen das Einfrieren schützen bis zu einem gewissen Grad Frostschutzmittel in der Körperflüssigkeit, zu denen das vom Auto her bekannte Glycerol (Glyzerin) gehört. Auf Alpengletschern lebt Sommer wie Winter ein als Gletscherfloh bekannter Springschwanz, und manchmal treten auch im Flachland auf dem Schnee Springschwänze und andere Insekten auf, die keineswegs kältestarr sind.

Wenn auch die Lebenstätigkeit meist bei wenigen Graden unter dem Gefrierpunkt aufhört, so wird ein Zerstören der Gewebe durch Gefrieren der in den Zellen enthaltenen Flüssigkeit durch den oben erwähnten Frostschutz noch bei Temperaturen um  $-10^{\circ}\text{C}$  bis  $-20^{\circ}\text{C}$  verhindert; selbst Steiffrieren ist nicht unbedingt tödlich.

Das gilt auch für einige Wirbeltiere. Auf der Tschuktschenhalbinsel und in Alaska lebt in kleinen Tümpeln und Schmelzwasserbecken ein Fisch, der den größten Teil des Jahres im Schlamm verbringt und mit diesem oft einfriert. Auch steifgefrorene Frösche überleben mitunter und werden nach dem Auftauen wieder munter. Vor einigen Jahren ging gar die Meldung durch die Presse, ein Sibirischer Winkelzahnmolch wäre nach jahrtausendelangem Schlaf erwacht. Die angenommene Dauer stellte sich jedoch als Irrtum heraus. Irgendwie war der Molch in eine sehr alte Eisschicht geraten. Immerhin ergab die Untersuchung, daß er etwa 90 Jahre, vielleicht 15 Jahre mehr oder weniger, in gefrorenem Zustand überlebt hatte.

Zu den erstaunlichsten Anpassungen an ein Leben in eisiger Kälte gehört die des Kaiserpinguins, der in der Polarregion ausgerechnet im Winter und weitab vom Wasser brütet. Für die Männchen ist damit ein dreimonatiger Verzicht auf Nahrungsaufnahme und demnach auf Energiezufuhr von außen verbunden. Und allzu oft müssen sie, schutzlos den hier so häufigen Stürmen ausgesetzt, eine Differenz von  $80^{\circ}\text{C}$  zwischen Außen- und Körpertemperatur aufrecht erhalten. Das ist noch nicht einmal die ganze Wahrheit: Wenn das Thermometer  $-40^{\circ}\text{C}$  und der Windmesser 32 km/h zeigen, entspricht der Abkühlungseffekt einer Temperatur von  $-70^{\circ}\text{C}$  bei Windstille.

Erstaunlich ist auch die Fähigkeit des Eisfuchses mit einer Körpermasse von höchstens 8 kg (der Kaiserpinguin wird bis 30 kg schwer), der nordpolaren Kälte zu trotzen. Den „Luxus“, den ganzen Körper auf Normaltemperatur zu halten, können sich diese Tiere nicht leisten. Ihre Warm-

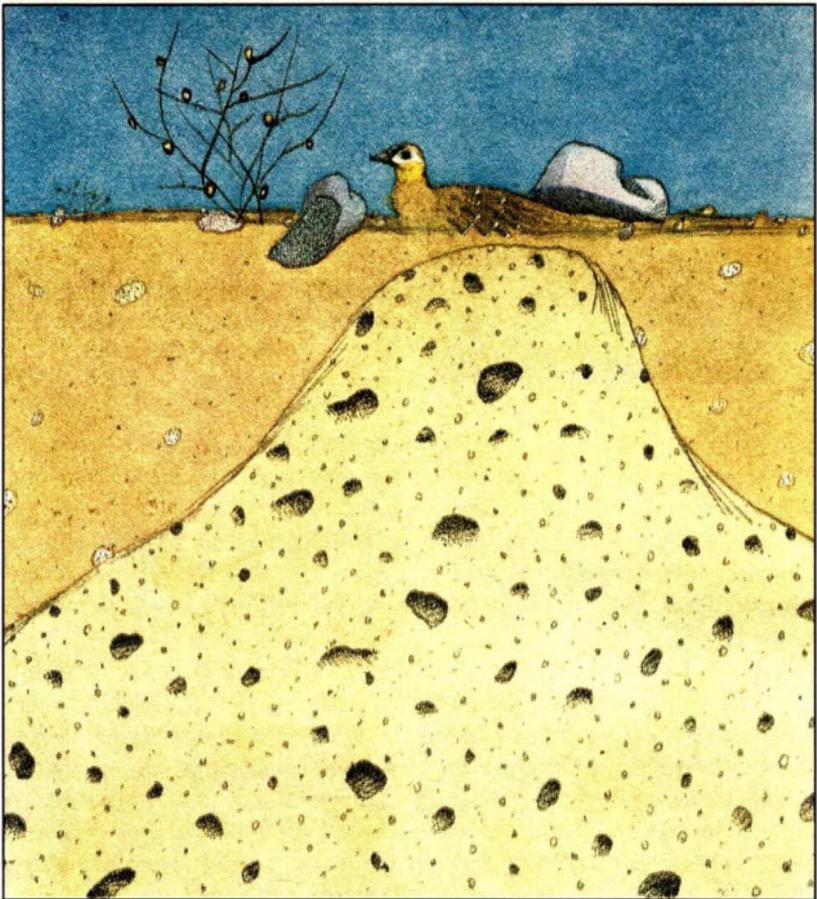


*Bald nach Ausfall des Winterfells wird das Dromedar wieder ziemlich langhaarig sein. Das Fell schützt auch vor Sonnenhitze.*

blütigkeit ist weitgehend auf den Körperkern beschränkt, das heißt auf Gehirn, Eingeweide und einen Teil der Muskulatur. Beine, Ohren und Schwanz von 37°C würden allzu viel Wärme abstrahlen. Nicht selten gefrieren bei Säugetieren und Vögeln in Polnähe Fell oder Gefieder beim Verlassen des Wassers. Es kommt sogar vor, daß sie vorübergehend Harn und Kot nicht abgeben können, weil ihre Körperöffnungen dabei zufrieren.

Von der beißenden Kälte in die glühende Hitze äquatornaher Wüsten! Hier gibt es Tierarten, die nie im Leben Gelegenheit zum Trinken haben, während ihre Verwandten in nicht so heißen Gebieten womöglich täglich zur Tränke ziehen. Mäusen, Eidechsen und Schlangen ist es unmöglich, Wasserstellen aufzufinden. Allenfalls können sie ab und zu Tautropfen auflecken. Daher gilt für die Großen wie für die Kleinen: Es darf kein Tropfen Wasser für die Kühlung verschwendet werden. Für die meisten Kleintiere bedeutet das ein striktes Ausgehverbot in den warmen Tagesstunden. Sand und Gestein können sich auf über 50°C erhitzen und die untersten Zentimeter der darüber liegenden Luftschicht sind kaum weniger heiß. In selbstgegrabenen Bauten und unter Steinen bleibt es kühler, und hier herrscht auch eine höhere Luftfeuchtigkeit.

Die Huftiere erheben sich auf ihren langen Beinen über die am stärksten erhitze Luftschicht. Aber wie können sie, ohne sich schwitzend und hechelnd Verdunstungskühle zu verschaffen, Hitzegrade überstehen, die für andere Tiere und auch für uns bei Wassermangel noch im Schatten unerträglich wären? Anscheinend wenden sie alle einen „Trick“ an, der zunächst vom Dromedar bekannt wurde. Das nimmt es bei Wassermangel mit der Temperaturkonstanz nicht so genau. Sein Körper erhitzt sich tagsüber bis auf fast 41°C, ehe es sich gegen eine weitere Temperaturer-



*Das in glühender Wüstensonne brütende Senegalflughuhn weiß Stellen aufzufinden, an denen sich der Boden weniger stark erhitzt als in der Umgebung.*

höhung zu wehren beginnt. Nachts – wenn es in Wüstengebieten ziemlich kalt ist – setzen die Regelmechanismen aus, bis sich der Körper bis auf etwa  $34^{\circ}\text{C}$  abgekühlt hat. Damit steht dem Dromedar am nächsten Tag bis zum Erreichen der kritischen Temperatur eine Reserve von  $7^{\circ}\text{C}$  zur Verfügung, die der massive Körper nicht so schnell ausschöpft, da das ziemlich dicke Fell auch vor der von außen kommenden Wärme schützt.

Vögel haben den Säugetieren gegenüber einen kleinen Vorteil, weil ihre Körpertemperatur durchschnittlich um  $3^{\circ}\text{C}$  höher liegt. Es wird ih-

nen also erst mit einer gewissen Verzögerung zu warm. Außerdem kommen körnerfressende Arten anscheinend nur dort vor, wo sie täglich eine Wasserstelle erreichen können.

Aber für die Wüstenbewohner gibt es noch das besondere Problem, den Hitzetod der auf dem erhitzten Boden abgelegten Eier zu verhindern. In der Sahara brüdet das Senegalflughuhn ausgerechnet in der heißesten Zeit des Jahres. Ein Forscherehepaar, das dabei Temperaturen von 48°C ausgesetzt war, beobachtete, wie sich die Weibchen erst nach Probessitzen in mehreren Mulden für einen Nistplatz entschieden haben. Die Tiere fanden dabei Stellen heraus, an denen sich das unter dem Sand liegende Gestein von dem der Umgebung unterschied. Die Forscher stellten fest, daß es dort nur 48°C statt 80°C warm wurde. Für die Küken trägt der Vater später in seinem dafür besonders spezialisierten Brustgefieder Trinkwasser heran.

In der Coloradowüste Kaliforniens brüten Regenpfeifer, Säbelschnäbler und Seeschwalben bei Temperaturen, die ungeschützte Eier in kurzer Zeit absterben lassen würden. Aber die Eltern lösen sich hier in kurzen Abständen bei der Brut ab und kehren mit nassem Gefieder zum Gelege zurück, nachdem sie sich selbst im Wasser abgekühlt haben. Das im gleichen Gebiet – wenn auch meist im Schatten – den ganzen Tag ohne Ablösung trocken auf den Eiern sitzende Weibchen einer Ziegenmelkerart stellte die Fähigkeit unter Beweis, die Eier trotz eigener Hitzebelastung 2°C unter der Umgebungstemperatur zu halten. Vielleicht können auch die Wüstenflughühner etwas von der Übertemperatur ihrer Eier übernehmen und hechelnd abführen.

Die Tierwelt der Wüsten hält noch andere Überraschungen bereit. Nicht nur der glühenden Hitze, auch den oft extrem langen Trockenzeiten kann sie sich anpassen. Dort, wo Regen- und Trockenzeit regelmäßig abwechseln, gibt es auch Fische, die den größeren Teil ihres Lebens „auf dem Trockenen sitzen“; sie können lange Zeiträume im trocken liegenden Ei verbringen. In den nordamerikanischen Wüsten leben Kröten, die jahrelang in steinhartem Boden überdauern und wieder an der Oberfläche erscheinen, wenn einer der seltenen Regenfälle Tümpel entstehen läßt, in denen sich dann mit ungewöhnlicher Geschwindigkeit ihre Kaulquappen entwickeln. In solchen Tümpeln kann es auch von kleinen Krebsen wimmeln, deren kurzes Leben mit dem Verdunsten des Wassers endet, während ihre Eier jahre- und jahrzehntelang im trockenen Boden ruhen oder vom Wind verweht werden. Es könnte sein, daß sie sogar ein Jahrhundert überstehen. Aber der Versuch, der das bestätigen soll, hat noch eine geraume Laufzeit.

## *Pflanzenwunder in der Wüste*

Es ist schon wie ein Wunder: Jahrelang liegt die Wüste völlig kahl unter der sengenden Sonne, am Tage glühend heiß und nachts eisig kalt – und trocken, furchtbar trocken. Soweit das Auge reicht – Sand und Steine, eine lebensfeindliche Landschaft, wüst und leer.

Doch wenn es einmal regnet. – keinen „Geisterregen“, bei dem die spärlichen Tropfen schon in der heißen Luft über dem Sand verdunsten, sondern einen kräftigen, Stunden dauernden Guß – dann ist die Wüste urplötzlich verwandelt: Sie hat sich mit einem grünen Schimmer überzogen. Überall keimen und wachsen Pflanzen, die man in dieser Menge und Artenfülle nicht vermutet hätte. Nur wenige Tage, und die Wüste blüht. Wüstenmohn, Wüstenlupinen, Verbenen, Löwenzahn und viele andere kurzlebige Pflanzen bedecken den Sand mit ihren farbenprächtigen Blüten.

Woher kommen auf einmal diese vielen Blumen? Es sind einjährige Pflanzen, deren Samen im Sand ruhten und durch den Regen zum Wachstum angeregt wurden. Ein Wüstenforscher nannte das „Leben auf Abruf“. Die Samen liegen unter Umständen Jahre oder Jahrzehnte im Boden, bis endlich ein ausreichender Regen fällt. Als Extreme wurden Pflanzen beobachtet, die in einem ganzen Jahrhundert nur zwei- bis dreimal geblüht hatten. Trotzdem reichte das aus, wieder neue Samen zu bilden und die Art zu erhalten.

Aber schnell muß es gehen bei der Entwicklung der Wüstenpflanzen. Keimen, Wachsen, Blühen und Fruchten dürfen zusammen nur so lange dauern, wie der Wasservorrat reicht, und meist sind das nur wenige Wochen. Wäre die Entwicklung zu langsam oder die Wassermenge zu gering, könnten die neugebildeten Samen nicht ausreifen, und nach einigen Jahren wäre der Samenvorrat im Boden erschöpft, und die Art würde in dieser Gegend aussterben. Die Samen keimen aber auch nicht nach jedem Regenguß. Erst wenn eine bestimmte Wassermenge zur Verfügung steht, setzt die Keimung ein. Experimente zeigten, daß in den Samen ein keimungshemmender Stoff vorhanden ist, der erst im Verlaufe der Zeit durch das Regenwasser ausgewaschen wird. Selbst bei günstigen Bedingungen keimen nie alle Samen, ein Teil bleibt als Reserve für spätere Jahre oder für den nächsten Regen und trägt so zur sicheren Erhaltung der Art bei.

Die Wüstenpflanzen sind nicht die einzigen, die durch ihre Samen ungünstige Zeiten überdauern. Auch in unserem Klima gibt es ja eine natürliche Pause im Wachstum der Pflanzen. So wie Wüsten- und Steppenbe-



Wüstenlandschaft am Rande der Sahara.

wohner die Trockenzeit überleben, überdauern unsere heimischen Pflanzen mit Hilfe besonderer Organe den kalten Winter. Bäumen und Sträuchern dienen dazu die Knospen, viele Stauden bilden unterirdische Speicherorgane (Zwiebeln, Knollen, Erdsprosse), und die einjährigen Pflanzen überstehen den Winter als Samen.

Eine ähnliche Vielfalt gibt es auch bei Wüstenpflanzen. Nicht alle überdauern die Trockenzeit als Samen. In der Kalahariwüste wächst die Tsamapflanze, eine Verwandte der Wassermelone. Die Buschmänner merken sich ihren Standort gut, denn die Pflanze bildet eine fußballgroße, sehr saftige unterirdische Knolle. Sie wird von den Eingeborenen in Dürreperioden als wertvoller Wasserspender gesucht und ausgegraben. Die Pankrazlilie Ostafrikas überdauert als Zwiebel, wie wir das von unseren heimischen Lilien kennen. Einmal im Jahr, am Ende der Regenzeit, treibt sie ihre Blüten. Es ist ein beeindruckendes Erlebnis, wenn bei Einbruch der Dämmerung überall die großen weißen Knospen mit leisem Knall aufspringen und die Blüten für eine Nacht ihre Krone entfalten und ihren Duft verströmen.

Sträucher können sich nicht völlig in den Boden zurückziehen, aber auch sie sind an das Leben in der Trockenheit der Wüste angepaßt. Nur wenn es Wasser gibt, bilden sie Blätter und Blüten. Bei Trockenheit werfen sie das Laub ab, es bleiben lediglich ihre kahlen dornigen Zweige. Da Regen- und Trockenperioden manchmal schnell wechseln, kommt es auch zu einer raschen Änderung der Wüstenvegetation. Der *Ocotillo-*

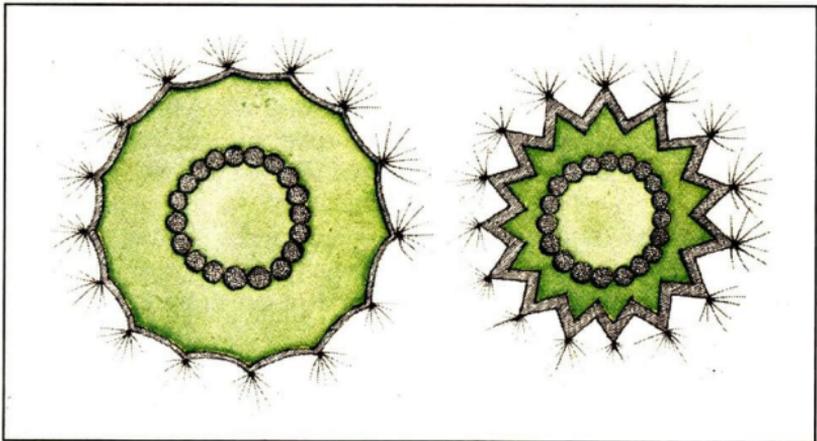
Strauch der nordamerikanischen Wüste beispielsweise grünt vier- bis fünfmal in einem Jahr und verliert natürlich ebensooft sein Laub.

Nicht von allen Pflanzenarten werden die vertrockneten Blätter abgeworfen. In der Sahara wächst der Oscherstrauch, der auch Fettblatt-Baum genannt wird. Er wird bis zu drei Meter hoch und kann unter ungünstigen Bedingungen für sechs bis acht Jahre in einen „Trockenschlaf“ verfallen. Dabei bleiben die toten Blätter am Strauch. Sie sind etwa 20 Zentimeter groß, lederartig zäh und bilden ein Schattendach für die Zweige und Wurzeln.

Es gibt aber auch Wüstenpflanzen, die so gut an das Leben unter diesen Bedingungen angepaßt sind, daß sie selbst während der langen Trockenperioden grünen und wachsen können. Solche Pflanzen prägen den Anblick einer Wüste am stärksten. Zwei Eigenschaften sind es, die die Lebensfunktionen in trockenen Zeiten ermöglichen: die Pflanzen speichern Wasser in bestimmten Organen, und sie schränken die Wasserabgabe ein.

Durch die Wasserspeicherung entstehen dickfleischige, saftreiche Pflanzen, die man als Sukkulenten bezeichnet. Alle Kakteen sind Stamm-Sukkulente: ihre Blätter sind reduziert oder zu Dornen umgebildet, die Pflanzen speichern das Wasser in ihren grünen Sproßachsen. Dabei sind sie von unterschiedlichster Gestalt.

In der Sonora-Wüste Mexikos wächst der *Saguaro*-Kaktus, der mit seinen 15 Meter bis 20 Meter hohen Stämmen ganze Wälder bildet. Jede



*Stammquerschnitte eines Säulenkaktes.  
Links nach dem Regen, rechts zur Trockenzeit.*



*Feigenkaktus (Opuntie)  
mit Früchten.*



*Kugelförmiger Kaktus mit  
deutlicher Rippenbildung.*

Pflanze entwickelt dicht unter der Erdoberfläche ein reichverzweigtes Wurzelsystem, dessen Radius etwa der Höhe des Kaktus entspricht. Heimische Strandpflanzen, wie Meersenf und Strand-Melde (s. S. 41), bilden ähnliche Wurzelsysteme. Bei den seltenen, wolkenbruchartigen Regen kann der Kaktus deshalb in kurzer Zeit große Wassermengen aufnehmen und speichern. Ein ausgewachsener Kaktus wiegt nach dem Regen bis zu 10 Tonnen, er enthält dann sechs bis acht Tonnen Wasser. Dieser Vorrat reicht für zwei Jahre; allerdings ist das Wachstum dann sehr eingeschränkt. Das Wasser wird in der dicken Rinde der Stämme gespeichert. Die Oberfläche des Kaktus ist wie eine Ziehharmonika gefaltet. Bei Wasseraufnahme dehnt sie sich, bei Dürre schrumpft sie allmählich wieder zusammen.

Neben den säulenförmigen Kandelaber- und Orgelkakteen wachsen die aus Stengelgliedern zusammengesetzten Feigen- und *Cholla*-Kakteen aus der Gruppe der Opuntien sowie der kugelförmige Faßkaktus und die polsterförmigen Angelhakenkakteen, deren Dornen die Indianer für den Fischfang benutzen.

Allen diesen Kakteenformen ist die Verringerung ihrer Oberfläche durch Blattreduzierung gemeinsam; der Wasserverlust wird bedeutend vermindert. Vergleicht man die Oberfläche eines kugelförmigen Kaktus mit der eines heimischen Strauches, zum Beispiel des Pfeifenstrauches unserer Parks und Gärten, so verhalten sie sich bei gleicher Masse etwa wie 1:300, das heißt, die Oberfläche des Kaktus ist auf ein Dreihundertstel gegenüber der des Pfeifenstrauches reduziert. Damit ist auch die Verdunstung des Wassers, die Transpiration, beim Kaktus viel geringer.



**Nachweis der Transpiration.** Die Abgabe von Wasserdampf läßt sich auf einfache Weise mit Zellophanpapier nachweisen. Zellophan ist ein dünnes, durchsichtiges Papier, das sehr wasseranziehend ist. Wir legen einen Streifen davon flach auf das zu prüfende Blatt. Sind die Spaltöffnungen geöffnet, biegt sich der Streifen in wenigen Sekunden nach oben und zeigt damit die Transpiration an. Auf diese Weise können wir auch überprüfen, auf welcher Seite des Blattes sich die Spaltöffnungen befinden. Geeignete Pflanzen dafür sind Flieder, Buche, Pappel, Kohl, Erbse und Sonnenblume.



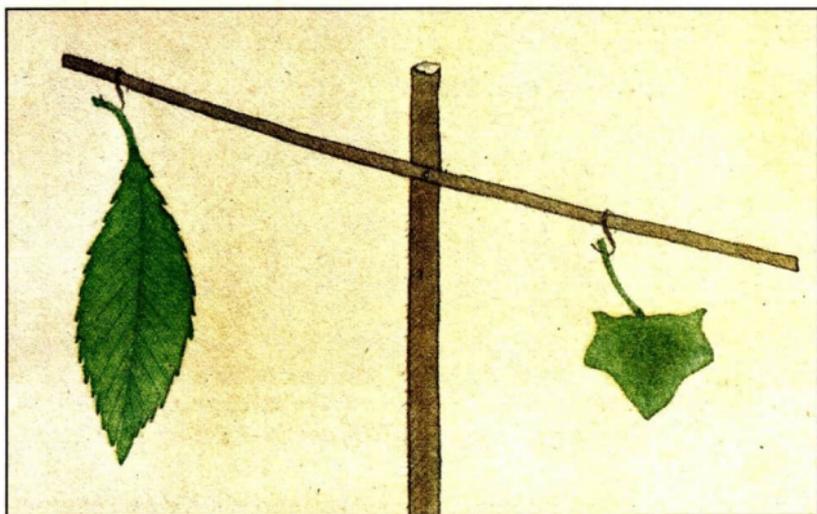
**Messung der Transpiration.** Wir füllen einen schmalen Meßzylinder mit Wasser und stecken den beblätterten Sproß oder Zweig einer beliebigen Pflanze hinein. Dann geben wir ein wenig Speiseöl auf die Wasseroberfläche, um das Verdunsten zu verhindern, und stellen den Zylinder in die Sonne. In regelmäßigen Abständen (alle ein oder zwei Stunden) lesen wir die Höhe der Wassersäule ab und notieren die pro Stunde verbrauchte – also über die Blätter verdunstete – Wassermenge.

Messungen der Transpiration ergaben, daß sie beim Kugelkaktus sogar nur ein Sechstausendstel des Wertes unseres Pfeifenstrauches beträgt. Beim Kaktus hat sich nämlich ein weiterer Verdunstungsschutz entwickelt: Seine Oberfläche ist mit einer undurchlässigen ledrigen Haut bedeckt. Über dieser Haut liegt eine gasdichte Wachsschicht. So erklärt sich, daß ein Kaktus viel länger mit der gleichen Wassermenge auskommt als ein einheimischer Strauch.

Wird ein Kaktus verletzt, bildet sich an dieser Stelle schnell ein Wundgewebe aus wasserundurchlässigen Korkzellen. Beim *Saguaro*-Kaktus ist das häufig zu beobachten. In diesen Kakteenwäldern in der mexikanischen Wüste lebt nämlich ein Specht, der seine Höhlen in das Fleisch der großen Kakteen hackt. Im Innern sind die Spechthöhlen mit einer Korkschicht ausgekleidet.



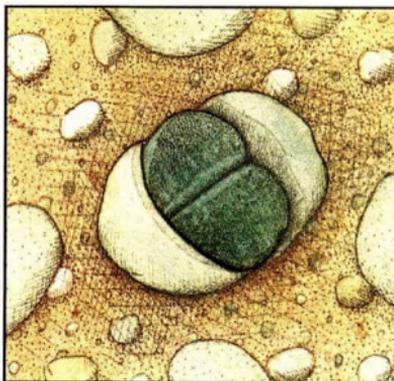
**Wirksamkeit der Korkschicht.** Wie wirksam eine solche Korkschale dem Wasserverlust vorbeugt, zeigt uns ein kleiner Versuch. Wir brauchen dazu nicht unsere Kakteen zu opfern, sondern nehmen zwei etwa gleichgroße rohe Kartoffelknollen. Bei einer Knolle wird die Korkhaut dünn abgeschält, dann werden beide Kartoffeln am gleichen Ort aufbewahrt. Die geschälte Knolle schrumpft deutlich zusammen. Durch Vergleichswägungen mit einer Briefwaage können wir den Wasserverlust exakt feststellen.



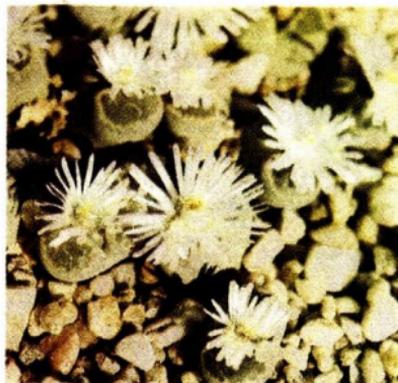
Versuchsanordnung zum Vergleich der Transpiration.

 **Vergleich der Transpiration.** Zwei gleichgroße Blätter von Efeu und Springkraut werden mit Draht an einer Balkenwaage befestigt und austariert. Wer keine Waage besitzt, kann sie sich aus zwei Trinkröhrchen und einer Stecknadel leicht selbst basteln. Die Fläche der Blätter bestimmen wir mit Hilfe von Millimeterpapier (Blatt auflegen, mit Bleistift umfahren,  $\text{cm}^2$  und  $\text{mm}^2$  auszählen). Nach einiger Zeit steigt die Seite mit dem Springkraut-Blatt nach oben. Dieses Blatt trägt nur eine sehr dünne Schutzschicht (Kutikula) und gibt deshalb mehr Wasser ab als das Efeu-Blatt mit seiner dicken Kutikula.

Eine weitere Anpassung der Sukkulente zeigt sich in ihrer Photosynthese, bei der mit Hilfe des Sonnenlichts und des Chlorophylls aus Wasser und Kohlendioxid organische Stoffe gebildet werden. Wasser enthält der Kaktus bereits, aber das Kohlendioxid muß er aus der Luft aufnehmen. Die meisten Pflanzen tun das am Tage. In ihrer Oberhaut liegen Spaltöffnungen, die sich öffnen und schließen können. Bei Öffnung wird Kohlendioxid aufgenommen, gleichzeitig entweicht aber auch Wasserdampf. Die Kakteen und andere sukkulente Pflanzen lassen ihre Spaltöffnungen am Tage geschlossen und verhindern so starke Wasserverluste in der heißen, trockenen Luft. Sie können auf den Gasaustausch zeitweise verzichten, denn sie haben einen besonderen chemischen Weg ihrer Photosynthese entwickelt: sie nehmen Kohlendioxid nachts auf und binden



*„Lebende Steine“ in der Kieswüste.*



*Nur in den Mittagsstunden öffnen sich die Blüten der „Lebenden Steine“.*

es an spezielle organische Säuren. Dieser Vorrat reicht für die Photosynthese am nächsten Tag, wenn wieder Sonnenlicht zur Verfügung steht.

Ähnliche Anpassungen wie bei Kakteen gibt es auch bei anderen Wüstenpflanzen. In Afrika wachsen anstelle der Kakteen zum Beispiel stammsukkulente Wolfsmilcharten, die äußerlich kaum von einem Säulenkaktus zu unterscheiden sind und auch ein vergleichbares „Wüstenleben“ führen. Andere Sukkulenten speichern das Wasser in ihren Blättern. Die sogenannten „Lebenden Steine“ der südafrikanischen Wüste bilden im Verlauf ihres Lebens nur zwei dickfleischige Blätter, die häufig noch gelb oder braun gesprenkelt sind und wie Steine in der Kieswüste liegen. Erst wenn sie blühen, sind sie als Pflanzen zu erkennen und in die Familie der Mittagsblumengewächse einzuordnen.

In vielen Wüsten wachsen Sukkulenten oder Sträucher in einem so regelmäßigen Abstand, als hätte sie ein Gärtner gepflanzt. Wie bei vielen Tierarten beansprucht jede Pflanze ein eigenes Revier, das unter den Extrembedingungen entsprechend groß ist und das sie auch mit ihren Mitteln verteidigt. Neue Pflanzen können sich hier nicht ansiedeln. Auf zwei Wegen wird ihre Keimung verhindert: Das Wurzelnetz einer Pflanze, das eine Fläche bis zu 1000 Quadratmeter durchziehen kann, nimmt alles Wasser im Revier schnell auf, so daß für Keimlinge fast nichts im Boden verbleibt. Außerdem wurde für einige Pflanzen nachgewiesen, daß ihre Wurzeln Giftstoffe ausscheiden, die die Keimung von Konkurrenten verhindern. Meist können die Samen sowieso nicht an Ort und Stelle keimen. Viele von ihnen sind steinhart und keimen erst, nachdem ihre

Schale durch die Verdauungssäfte im Darm von Tieren aufgelöst oder durch den Windtransport im Sand abgeschliffen wurde.

Einige Wüstenpflanzen müssen nicht wie die Sukkulenten mit dem Wasser „sparen“ oder in einen Trockenschlaf verfallen. Sie wachsen das ganze Jahr über, tragen grüne Blätter und bilden keine Wasserspeicher aus. Es sind Sträucher, deren Wurzeln so lang werden, daß sie bis in Grundwasser führende Gesteinsschichten reichen. Solche Schichten können durch weit entfernte regenreiche Gebirge gespeist werden und stellen eine „natürliche Wasserleitung“ für die Pflanzen dar. Beim Bau des Suezkanals beispielsweise fanden die Arbeiter Akazienwurzeln noch in acht Meter Tiefe. Beim Mesquitostrauch der amerikanischen Wüste wachsen die Wurzeln sogar 30 Meter tief, bis sie das Grundwasser erreichen. Ein solcher Busch verdunstet täglich mehrere hundert Liter Wasser. Schwierig ist seine Entwicklung in der Jugend. Nur bei ausreichendem Niederschlag keimt der Samen. Dann wächst der Keimling jahrelang in die Tiefe. Erst wenn die Wurzelbildung abgeschlossen ist, beginnt seine oberirdische Entwicklung mit Zweigen, Blättern und Blüten – ein weiteres Wunder in der Wüste.

## *Pflanzen zwischen Schnee und Eis*

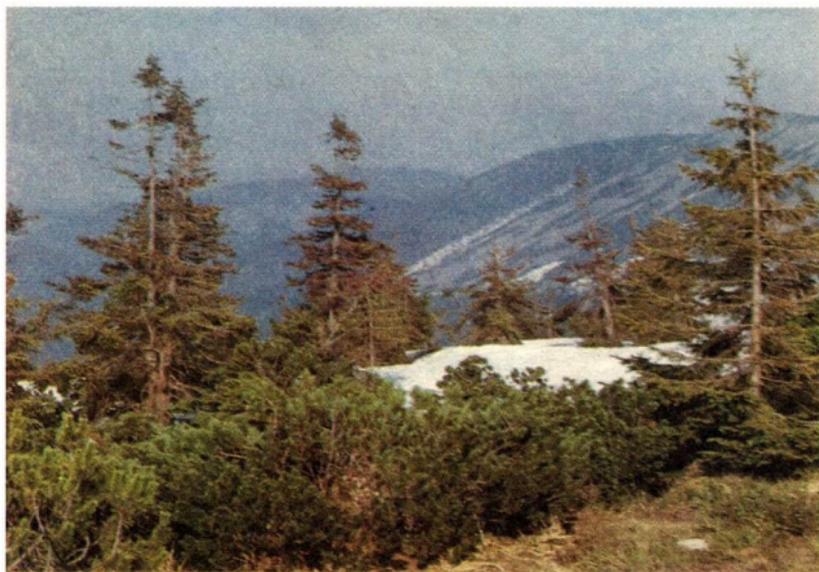
Hochgebirge und Polargebiete zählen wie die Wüsten zu den extremen Lebensräumen unserer Erde. Sie werden nur von wenigen Tier- und Pflanzenarten besiedelt, die sich im Verlaufe ihrer Entwicklung an die ungünstigen, das Leben erschwerenden Bedingungen angepaßt haben. Während das Pflanzenleben in der Wüste durch den Wassermangel an seine natürlichen Grenzen stößt, sind es in den Hochgebirgen und in der polaren Tundra die Kälte und die kurzen Sommer, die nur Spezialisten das Überleben gestatten.

Beim Aufstieg in ein Hochgebirge kann man sich vom Wandel der Pflanzenwelt in den einzelnen Höhenstufen überzeugen. Besonders eindrucksvoll ist es, wenn wir auf Auto oder Seilbahn verzichten und den mühsamen, aber erlebnisreichen Weg zum Gipfel zu Fuß zurücklegen. Die untere Stufe der Gebirge wird vom Bergland eingenommen. Bergmischwälder bedecken die Hänge, zwischen 400 Meter und 800 Meter Höhe wachsen Rot-Buchen, Berg-Ahorn, Berg-Ulmen und Weiß-Tannen, noch höher herrschen Fichten, Lärchen und Zirbel-Kiefern vor. Je höher wir steigen, um so lichter wird der Wald, die Bäume sind kleiner, verkrüppelt oder abgestorben. Zwischen 1300 Meter und 1700 Meter liegt

in den europäischen Gebirgen die Waldgrenze. In noch größeren Höhen können die Bäume nicht mehr wachsen, weil die schneefreie Zeit zu kurz ist, um ihre Nadeln ausreifen zu lassen.

Der Wald wird von der Krummholzzone abgelöst. Die Berg- oder Latschen-Kiefer mit ihren niederliegenden, schlangentartig kriechenden Ästen bildet ein undurchdringliches Dickicht. Im Winter wird sie von Schneemassen bedeckt und geschützt. An lichten Stellen wachsen Alpenrosen, Gemswurz, Heidel-, Rausch- und Preiselbeeren.

Oberhalb des Krummholzes beginnt das eigentliche Reich der Alpenpflanzen: die alpine Zone mit Zwergsträuchern, Polsterpflanzen und Grasmatten, die Heimat von Edelweiß und Enzian. Hier herrscht ein Hochgebirgsklima, das nur wenige Pflanzen ertragen. Wir nehmen die Veränderungen beim Aufstieg selbst wahr: Der Luftdruck nimmt ab, die Luft ist klarer und sauberer, die ultraviolette Strahlung, die unsere Haut bräunen läßt, verstärkt sich, und meist wird es feuchter und windiger. Zwischen Tag und Nacht gibt es große Temperatargegensätze. Auch die Jahreszeiten verschieben sich, der Frühling beginnt später und der Herbst kommt früher, so wird die Zeit, in der die Pflanzen wachsen und blühen können, mit zunehmender Höhe immer kürzer. In den Alpen zum Bei-



*Baumgrenze im Hochgebirge. Zwischen den letzten, vom Wind zerzausten Fichten wächst das niedrige Dickicht der Bergkiefern.*



Viele Enzianarten unserer Steingärten stammen aus dem Hochgebirge.



Die Kriech-Weide bildet unscheinbare, kleinblättrige Triebe.

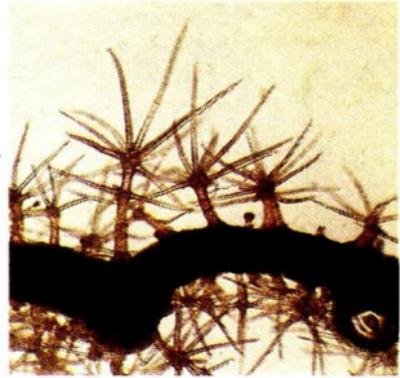
spiel dauert die schneefreie Zeit in 1800 Meter Höhe 5 Monate, in 2400 Meter 2,5 Monate und in 3000 Meter nur 1,6 Monate. Noch höher erreichen wir die Zone mit ewigem Schnee und Eis. So kann eine Bergbesteigung im Juli vom Sommer über den Frühling bis in den Winter führen.

In den kurzen Sommern wachsen die Alpenpflanzen nur langsam. Häufig bilden sie niedrige Polster, in denen die empfindlichen Knospen vor Wind und Kälte geschützt sind. Diese Wuchsform wird vor allem durch das Licht im Hochgebirge bewirkt. Die hohe Lichtintensität hemmt das Längenwachstum der Sprosse. Im schwachen Licht werden die Stängel dagegen lang und dünn; sie vergeilen. In einem Versuch mit Kartoffelknollen kann man das leicht nachprüfen.



**Lichteinfluß auf das Pflanzenwachstum.** Wir pflanzen in zwei Blumentöpfe je eine Kartoffelknolle und stellen sie ans Fenster oder auf den Balkon. Einen Blumentopf lassen wir offen stehen, den anderen bedecken wir mit einer hohen, spitzen Papphaube (leere Zuckertüten von der Einschulung eignen sich gut dazu). Die „Lichtpflanze“ wächst gedrungen mit großen, grünen Blättern, während die „Dunkelpflanze“ weiße, lange Stengel mit kleinen gelben Blättern entwickelt.

Auch Sträucher bleiben niedrig und kriechen auf dem Boden, wie beispielsweise die Alpenazalee und die Netzblättrige Weide. Noch besser ist die Kraut-Weide angepaßt: ihre Zweige wachsen in den obersten Bodenschichten, und nur ihre Spitzen, die die Blätter und Blüten tragen, ragen heraus.



Die Königskerzen tragen Blätter mit weißem Haarfilz. Unter dem Mikroskop sieht man die verzweigten Haare auf dem Blattquerschnitt.

Vor der ultravioletten Strahlung sind viele Gebirgspflanzen durch tote Haare geschützt, die als weißer Filz ihre Blätter überziehen. Ruhrkraut und Edelweiß tragen solche silbrig-weißen Blätter. Frisch ausgetriebene Blätter anderer Pflanzen sehen häufig rot aus. Auch das wird als Strahlungsschutz gedeutet. Wie wichtig dieser Schutz ist, können wir am eigenen Körper erleben. Durch die hohe UV-Strahlung bekommt man im Gebirge viel schneller einen Sonnenbrand als im Flachland.

Trotz der hohen Niederschläge besteht für viele Alpenpflanzen die Gefahr der Austrocknung durch Wind und starke Sonneneinstrahlung. Besonders im Frühjahr, wenn das Wasser im Boden noch gefroren ist, muß die Pflanze die Wasserabgabe einschränken. Auch hier wirkt – wie bei den Wüstenpflanzen – die Verringerung der Oberfläche. Viele Heidekrautgewächse und Süßgräser rollen ihre Blätter ein, so daß sie nadel- oder borstförmig aussehen. Hauswurz-, Mauerpfeffer- und Steinbrecharten gehören zu den Sukkulenten und speichern Wasser in ihren fleischigen Blättern. Das Frühjahr ist auch aus einem anderen Grund eine gefährliche Jahreszeit für die Pflanzen im Hochgebirge. Schon kurze Zeit in warmer Frühlingssonne reicht aus, um die zarten Blätter aus den Knospen brechen zu lassen.



*Warmbad zum Brechen der Knospenruhe.* Zweige von Flieder, Haselnuß, Forsythie und anderen Sträuchern können auch im Winter durch Wärme und Feuchtigkeit zum schnellen Austreiben gebracht werden. Dazu taucht man die frisch geschnittenen Zweige für etwa 12 Stunden vollständig in einen Eimer mit 30°C bis 35°C warmem

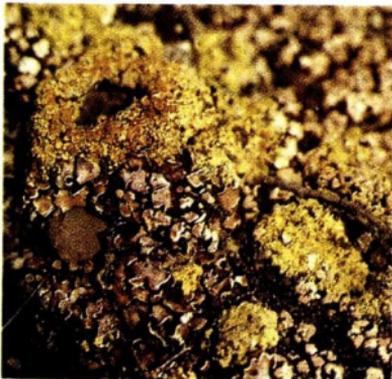
Wasser (Badetemperatur). Durch Einhüllen in Tücher und eventuelles Nachgießen von warmem Wasser läßt sich die Temperatur halten. Die gebadeten Zweige treiben in einer Vase im Zimmer schnell aus. Wie genau das Bad wirkt, kann man zeigen, wenn ein Zweig nur zur Hälfte eingetaucht wird, ein Versuch, der auf den Wiener Botaniker Molisch zurückgeht.

Aber Tauwetter und Frost wechseln noch häufig miteinander ab. Für bereits ausgetriebene Pflanzen besteht die Gefahr des Erfrierens. Viele Arten verfügen deshalb – genauso wie manche wirbellosen Tiere der Polargebiete – über ein „Frostschutzmittel“: Ihr Zellsaft enthält besondere Eiweiße und Kohlenhydrate, die Wasser binden und so das Gefrieren in den Zellen verhindern.

Besonders extreme Standorte im Hochgebirge sind die Schneetälchen in den Mulden der Nordhänge. Hier ist die Vegetationszeit kürzer als drei Monate, der Schnee schmilzt sehr spät oder gar nicht, der Boden ist feucht und nährstoffreich. Die Pflanzengemeinschaft der Schneetälchen wächst tatsächlich zwischen Schnee und Eis. Hier gedeihen Moose, Zwergweiden, Troddelblumen, Mutterwurz und Alpen-Ehrenpreis.

Ähnliche Bedingungen wie in den Hochgebirgen herrschen in der Tundra jenseits des Polarkreises. Auch hier ist die Vegetationsperiode kurz und der Winter lang und kalt. Viele Pflanzenarten der Alpen und anderer europäischer Hochgebirge leben auch in der arktischen Region; sie sind arktisch-alpin verbreitet. Nach der letzten Eiszeit sind in diesen Gebieten die ihnen zusagenden Lebensbedingungen erhalten geblieben.

Fährt oder fliegt man nach Norden, so fällt wie im Gebirge die Baumgrenze auf, die von Birken, Fichten und Lärchen gebildet wird. Nördlich



*Verschiedene Flechten überziehen die Steine als bunte lebende Hülle.*

davon erstreckt sich die baumfreie Tundra. Die Pflanzen hier sind dem Polarklima angepaßt. Lichtstärke und Niederschläge sind geringer als im Gebirge, dafür gibt es im Sommer den Dauertag, bei dem die Sonne nicht untergeht, und im Winter die kalte, dunkle Polarnacht.

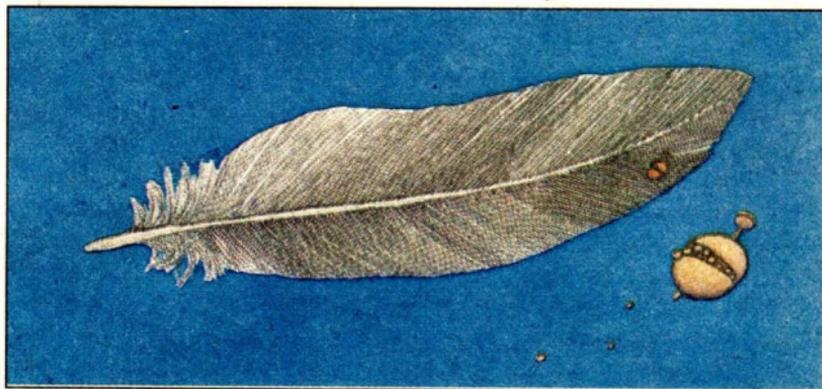
Eine Pflanzengruppe ist besonders gut an das Leben in der Tundra angepaßt: das sind die Flechten, Organismen, bei denen Algen und Pilze in einer Symbiose leben (siehe S. 164ff.). In den Kältewüsten der Hochgebirge und der Tundra dringen sie bis an die Grenzen des Lebens vor. Flechten haben im Experiment tiefe Temperaturen bis  $-196^{\circ}\text{C}$  ertragen, und schon bei  $-24^{\circ}\text{C}$  läuft in ihnen die Photosynthese ab. In der Tundra bilden Rentierflechte, Isländisches Moos und andere Arten die wichtigste Nahrung für Rene und Karibus. Flechten wachsen langsam, in einem Jahr etwa ein bis zwei Zentimeter. Dafür können sie sehr alt werden, man schätzt ihr Alter auf 500 bis 1000 Jahre. Da abgeweidete Flechten erst in Jahrzehnten wieder nachwachsen, brauchen die Rentiere riesige Weideflächen, die sie regelmäßig durchwandern.

Auch die Blütenpflanzen der Tundra wachsen langsam und bilden im Vergleich zu ihren mitteleuropäischen Verwandten nur kümmerliche Formen aus. Die Zwerg-Birke hat ihren Namen danach erhalten. In arktischen Gebieten wird sie erst in 200 Jahren zu einem ungefähr 50 Zentimeter hohen Strauch. Noch niedriger bleiben viele Zwergsträucher aus der Familie der Heidekrautgewächse wie Bärentraube, Schuppenheide und Felsheide, die den Flechtenteppich nur wenig überragen.

Wie empfindlich die Tundrapflanzen auf ihre Umwelt reagieren, zeigt sich am Bewuchs der Palsen. Palsen sind aufgewölbte Torfhügel, 3 Meter bis 4 Meter hoch und 10 Meter bis 20 Meter im Durchmesser. Sie entstehen durch Bodeneis, das im Innern eine Kuppel bildet. Bereits bei geringen Bodenerhebungen wird der Schnee im Winter weggeblasen, und der Frost dringt tiefer ein. So entstehen dort Eislinen, die auch im Sommer nicht völlig abschmelzen und den Torf allmählich emporwölben. In den feuchten Vertiefungen am Fuße der Palsen wachsen Wollgräser und Moltebeeren, am Hang gedeihen Sumpf-Porst und Zwerg-Birke, die trockene Kuppel wird von Krähenbeeren besiedelt.

Durch das abwechselnde Auftauen und Gefrieren der oberen Schichten kommt es zum Bodenfließen in der Tundra. Dabei werden Steine und andere grobe Bestandteile mitgeführt und in charakteristischen Steinwällen abgelagert, die das Land netzförmig überziehen. Zwischen den Steinen, die sich im Sommer schneller erwärmen, finden viele Tundrapflanzen günstige Wachstumsbedingungen. So entsteht ein regelmäßiges Muster der Vegetation, das man als Fleckentundra bezeichnet.

## Nahverkehr und Ferntransport



### *Zum Überleben gehört Ausbreitung*

Sofern Klima und Boden es zulassen, sind auch die entlegensten Inseln üppig begrünt und von Tieren bewohnt, wenn auch ihre Artenanzahl weit hinter der vergleichbarer Inseln in Festlandsnähe zurückbleibt. Nur wenige Tiere sind aktiv zugewandert, vielleicht Vögel und die eine oder andere Fledermausart. Im übrigen sind landferne Inseln von Pflanzen und Tieren mit guten Voraussetzungen für einen passiven Transport in Wind- oder Wasserströmungen besiedelt. Man kann zum Beispiel an Neuseeland denken, das rund 1600 Kilometer von Australien und Tasmanien entfernt ist. Bei Ankunft der Europäer waren die auf Ausbreitung mit eigener Kraft angewiesenen Säugetiere nur durch zwei Fledermausarten und eine schon früher eingeschleppte Ratte vertreten. Ganz im Gegensatz dazu gab es eine Vielzahl von Insekten, die uns aus der Heimat bekannt vorkommen, wenn eine genaue Bestimmung auch zeigen würde, daß es sich nicht um die gleichen, sondern um nahverwandte Arten handelt.

Allerdings darf man darin nicht vorschnell einen Beweis für den Erfolg passiver Ausbreitung sehen. Wie die vor 40 Millionen Jahren in den baltischen Bernstein eingeschlossenen Insekten belegen, gab es bereits damals Formen, die uns ebenso vertraut vorkommen wie die neuseeländischen Libellen oder Wasserwanzen. Insekten standen also viel größere Zeiträume für die Ausbreitung zur Verfügung und damit auch Wege, die Vögel und Säugetiere nicht mehr nutzen konnten. So dürften sie wenig-

stens teilweise über die Antarktis, die die Inseln bis in die Kreidezeit mit Südamerika verband, nach Neuseeland gekommen sein. Bei der Erklärung der Besiedlung eines Gebietes gilt es stets, außer den heutigen Voraussetzungen für die Existenz von Pflanzen und Tieren und den gegenwärtigen Ausbreitungsbedingungen auch Millionen Jahre der Vergangenheit zu berücksichtigen.

Damals wie heute aber breiten Pflanzen und Tiere sich solange aus, bis sie an unüberwindliche Grenzen stoßen. Beispielsweise können ihnen Gebirge, Wüsten und Meere den Weg verlegen. Es kann ihnen aber auch allmählich zu warm oder zu kalt, zu trocken oder zu feucht werden. Ferner kann die Konkurrenz anderer Arten die Ausbreitung verhindern, und damit ist die Aufzählung noch keineswegs vollständig. In Europa haben sich in diesem Jahrhundert zwei eingeschleppte Arten, Bisamratte und Kartoffelkäfer, sehr schnell ausbreiten können. Besonders auffällig war die in ihren Ursachen noch rätselhafte schnelle Ausbreitung der Türken- taube. Auch einige weitere Vögel und eine Anzahl von Insekten haben die eine oder die andere Grenze ihres Vorkommens aus unbekanntem Gründen weit vorverlegen können.

Die allgemeine Ausbreitungstendenz erklärt sich aus der Überproduktion von Nachkommen, die zur Erhaltung der Arten notwendig ist, und daraus, daß die Kinder nicht oder nicht in unbegrenzter Anzahl an der gleichen Stelle leben können wie ihre Eltern: Unter der Krone eines Baumes – und in ihrem Schatten – haben die aus seinen Samen erwachsenen Keimlinge keine Zukunft, und das Jagdrevier einer Tigerin reicht für ihre Jungen schließlich nicht mehr aus. Für die meisten Tiere ist eine aktive Ausbreitung, und sei es nur über eine kurze Strecke, kein Problem. Seßhafte Arten, wie Korallen, Schwämme, manche Würmer und Muscheln, haben Larven, die aktiv schwimmen und deren Ferntransport durch das Treiben in Strömungen noch unterstützt wird. Die Samen der Pflanzen sind ganz auf passiven Transport angewiesen, wengleich manche wenigstens segelnd, zum Beispiel bei der Linde, oder durch Schleudermechanismen, wie beispielsweise beim Springkraut, den engeren Umkreis der elterlichen Pflanze ohne fremde Hilfe verlassen können.

### *Pusteblumen und Streukapseln*

Wenn der Löwenzahn verblüht ist, ist es ein beliebtes Spiel bei den Kindern, in die Fruchststände zu pusten, um die leichten Früchte davonfliegen zu sehen. Wird der Löwenzahn dadurch verbreitet? Müßte er bei der

Unzahl an gestielten Früchten, die von ihrem Haarschopf wie von einem Fallschirm weit davongetragen werden, nicht allgegenwärtig sein?

Löwenzahn kann sich nur dort entwickeln, wo auch die Bedingungen für sein Gedeihen gegeben sind. Überall, wo auf Wiesen und Weiden bereits ein dichter Rasen steht, wird er auch bei sonst guten Bedingungen nicht vorwärtskommen: Die älteren Gräser konkurrieren alle Keimpflanzen nieder. So muß der Wind die Früchte schon auf Kahlstellen treiben, wie sie durch den Huftritt der Weidetiere entstehen.

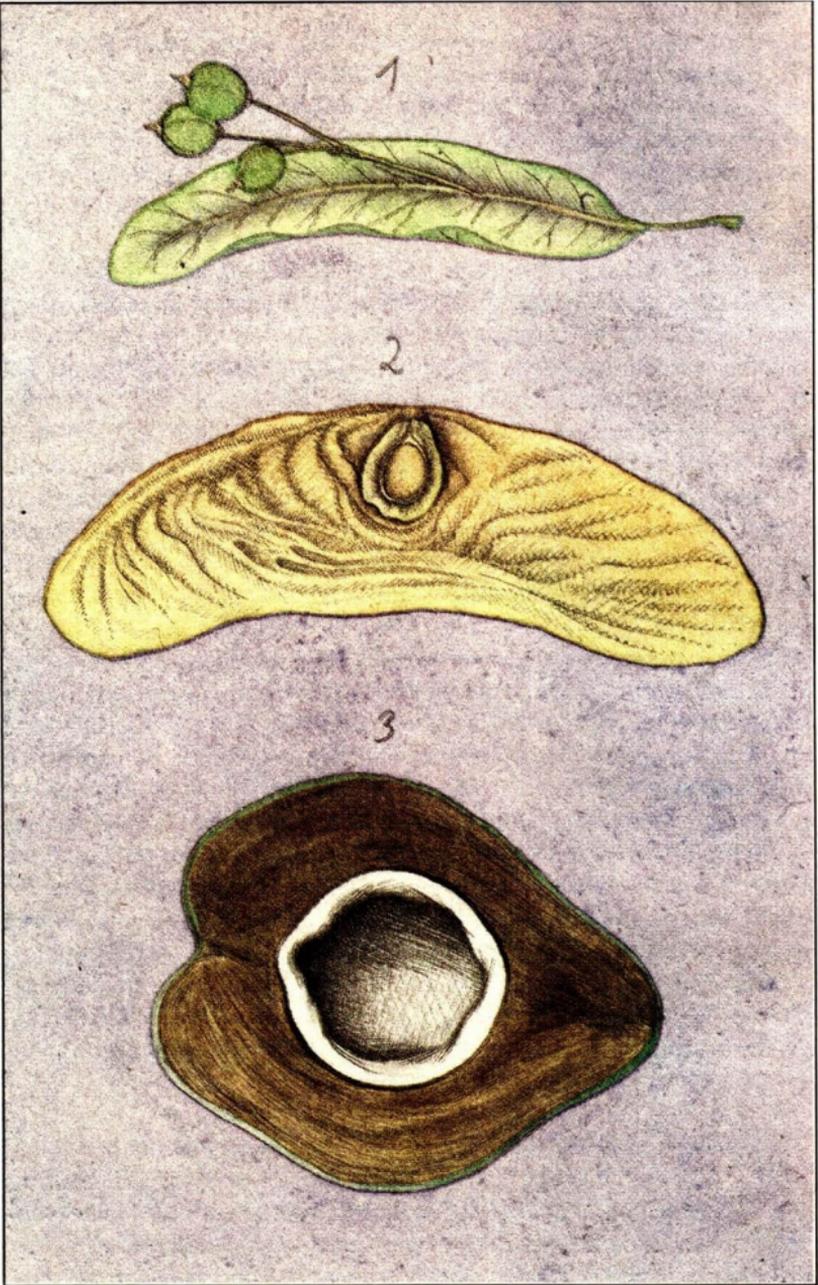
An Stellen, wo noch gar nichts gedeiht, siedeln als erstes meist Arten, die sich schnell und weit verbreiten können. Die älteren unter den Lesern haben erlebt, wie auf großen Flächen neue Standorte für Pflanzen geschaffen wurden: Als durch den Bombenkrieg die Städte in Trümmer fielen, siedelten sich auf dem Schutt in kurzer Zeit Pflanzen an, die man bis dahin in den Städten kaum gesehen hatte: Weidenröschen, Kriech-Weide und Klebriges Greiskraut bildeten bald dichte Bestände. Die Möglichkeit, sich durch weithin schwebende Samen und Früchte schnell auszubreiten, hatte ihnen gegenüber anderen Arten, die auf dem Ödland vorkommen, einen Vorsprung gesichert. Vorher kannte man das Weidenröschen in der Hauptsache von Kahlschlägen in der Forstwirtschaft, fern von den Städten.

Neben Pflanzen, deren Samen wegen ihres geringen Gewichtes oder durch „Fallschirm“-haare passiv im Winde schweben und weitergetragen werden, gibt es auch Arten, deren Samen oder Früchte flügelähnliche Fortsätze aufweisen. Oft trudeln sie lediglich im Winde und werden einige Meter weit fortgetragen, ehe sie auf der Erde landen; doch auch damit erfolgt eine gewisse Ausbreitung. Besonders große Samen hat ein tropischer Kürbis aus der Gattung *Zanonia* ausgebildet; seine „Flügel“ besitzen eine Spannweite von 12 bis 14 Zentimeter. Werden sie aus der Frucht entlassen, geraten sie sofort in eine stabile Fluglage und führen auch bei Windstille einen Gleitflug über mehr als 100 Meter durch.

Diese Flugsamen wurden gegen Ende des vorigen Jahrhunderts genauer untersucht, und nach ihrem Vorbild wurden die „Tauben“-Flugzeuge konstruiert. Wir haben hier ein frühes Beispiel für Bionik, das Nutzen biologischer Einrichtungen für technische Zwecke.



**Fliegerspiel.** Man sammelt Flugfrüchte der verschiedensten Pflanzen, zum Beispiel Ahorn, Linde, Löwenzahn. Einer steigt auf die Leiter und läßt die Früchte einzeln aus genau drei Meter Höhe niedersinken. Auf dem Sekundenzeiger verfolgen die anderen, wie lange es dauert, bis die Frucht den Boden erreicht hat, und messen nach, wie



weit sie abgetrieben ist. Nicht das Gewicht ist dabei entscheidend; der Haarschopf schafft beim Löwenzahn einen hohen Luftwiderstand. Schneidet man ihn ab, was nur einen geringfügigen Masseverlust bedeutet, fallen die Reste der Frucht in weniger als einer Sekunde zu Boden.

Die Pflanzenwelt kennt auch andere Möglichkeiten der Verbreitung von Samen und Früchten. Klettfrüchte bleiben im Haarkleid der Tiere oder an der Kleidung des Menschen hängen und können auf diese Weise verschleppt werden. Die Widerhaken an den Früchten erkennt man bei kleinfrüchtigen Arten (z. B. Klebkraut) unter der Lupe, bei größeren (z. B. Klette) schon mit bloßem Auge. Beim Lein, auch bei Wegerich- und Binsenarten, besitzen die Samen eine Schleimschicht an ihrer Oberfläche, die bei hoher Luftfeuchte aufquillt und viele Samen an den Haaren der Säugetiere oder am Federkleid der Vögel festkleben läßt. Erst wenn die Luft trockener wird, versagt der Mechanismus; die Samen fallen wieder ab.



*Nachweis der Schleimschicht.* Einige lufttrockene Leinsamen in einer flachen Glasschale in etwas Wasser, das mit Tusche angefärbt wurde, einweichen. Nach etwa 30 Minuten beginnt die Schleimschicht zu quellen und zeichnet sich als silberheller Rand um die Leinsamen ab.

Berenzapfen von Wacholder oder Früchte von Misteln werden von bestimmten Vögeln gefressen; die Samen bleiben unverdaut und werden mit dem Kot wieder ausgeschieden. Oft sind sie danach besser keimfähig als vorher.

Die nachstehende Tabelle zeigt jedoch, daß es außerdem noch eine Vielzahl anderer Möglichkeiten gibt, wie für die Ausbreitung von Samen und Früchten gesorgt wird. Diese Einrichtungen sind für das Überleben der Arten hervorragend wichtig.

Ameisen verschleppen Früchte der Wolfsmilcharten, deren fleischige Anhänge den Tieren als Nahrung dienen.

---

*Oben: Fruchtstand der Linde. Sein Stiel ist an einem Tragblatt festgewachsen. Die Spreite des Tragblattes fördert die Verbreitung der Früchte.*

*Mitte: Samen der Zanonía. Seine Flügel sind 12 bis 14 cm breit und machen ihn zum ausgezeichneten stabilen Gleitflieger.*

*Unten: Querschnitt durch eine Kokosnuß. Sie kann im Wasser schwimmen und wurde über den Ozean an fast alle tropischen Küsten verbreitet.*

---

## Ausbreitung von Samen und Früchten

---

Art der Ausbreitung	Gattung
<b>Windausbreiter:</b>	
Schweber	Khabenkraut ( <i>Orchis</i> ) Löwenzahn, Kuhblume ( <i>Taraxacum</i> )
Flieger	Ahorn ( <i>Acer</i> ) Brillenschötchen ( <i>Biscutella</i> )
Bodenläufer	Luzerne ( <i>Medicago</i> )
Windstreuer	Mohn ( <i>Papaver</i> ) Leimkraut ( <i>Silene</i> )
<hr/>	
<b>Tierausbreiter:</b>	
im Fell von Tieren bzw. der Kleidung des Menschen klebend oder klettend	Klebkraut ( <i>Galium</i> ) Klette ( <i>Lappa</i> ) Zweizahn ( <i>Bidens</i> )
im Darm der Tiere verschleppt	Wacholder ( <i>Juniperus</i> ) Mistel ( <i>Viscum</i> )
von Ameisen verschleppt	Wolfsmilch ( <i>Euphorbia</i> ) Veilchen ( <i>Viola</i> )
von Menschen verschleppt	Gänsefuß ( <i>Chenopodium</i> ) Wegerich ( <i>Plantago</i> )
<hr/>	
<b>Wasserausbreiter:</b>	
Schwimmer	Meersenf ( <i>Cakile</i> )
Regenstreuer	Hornkraut ( <i>Cerastium</i> )
Schwemmlinge	Mauerpfeffer ( <i>Sedum</i> )
Feuchtkleber	Lein ( <i>Linum</i> )
<hr/>	
<b>Selbstaubreiter:</b>	
Schleuderer	Springkraut ( <i>Impatiens</i> )
Selbstbleger	Zymbelkraut ( <i>Cymbalaria</i> )
Kriecher	Storchschnabel ( <i>Geranium</i> )
Selbstsäer	Eiche ( <i>Quercus</i> )
Selbstpflanze	Erdbeere ( <i>Fragaria</i> )

---

Wer kennt nicht die Früchte des Springkrautes? Beim Berühren springen sie auf, und die reifen Samen werden mehr als einen Meter weit hinausgeschleudert. Bei manchen Tropenpflanzen sind derartige Schleudermechanismen mit ganz erstaunlichen Leistungen ausgebildet.

Eine Verbreitung über viele Kilometer hinweg ist allerdings bei den Samen und Früchten der höheren Pflanzen nur selten nachweisbar. Eines



*Klebkraut. Seine Früchte bleiben am Haarkleid von Säugern kleben.*



*Fruchtstand des Löwenzahns. Die Samen können an dem gestielten Haarschopf weit schweben.*

dieser Beispiele bilden die „Steppenläufer“ – Steppenpflanzen, deren meist kugelige Fruchstände im ganzen abbrechen und vom Wind weit über den Boden getrieben werden. Zu diesen Pflanzen zählt auch die heimische Stranddistel.

In der Regel werden nur mikroskopisch kleine Objekte über weite Strecken verweht. Sporen von Pilzen, etwa vom Schwarzrost des Weizens, legen oft weite Wege zurück: Sie werden innerhalb weniger Tage mit Luftströmungen von Texas bis an die kanadische Grenze oder von Tunesien oder Marokko bis nach Südwesteuropa getragen. Selbst in mehreren tausend Metern Höhe über dem Erdboden wurden sie noch nachgewiesen; selbst in dieser Höhe bleibt ihre Lebensfähigkeit erhalten. Das ist kein Nahverkehr mehr, sondern bereits Ferntransport.

## *Es kann auch Fische regnen*

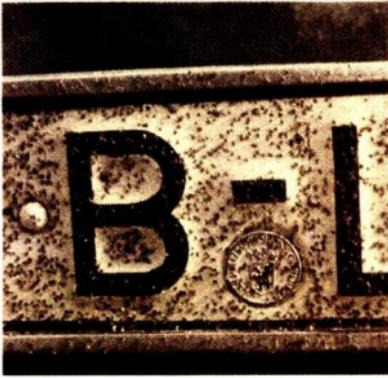
Ein heftiger Schlag auf den Regenschirm und im nächsten Augenblick ein vor den Füßen zappelnder Fisch? Schwer vorstellbar. Man möchte nicht so recht an die gelegentlich in den Zeitungen gemeldeten „Fischregen“ glauben. Schließlich war man einst auch von gar nicht seltenen „Froschregen“ überzeugt und sah sich darin durch eigene Anschauung bestätigt, wenn bei günstiger Witterung auf einmal Hunderte und Tausende winziger Kröten und Frösche nach Abschluß ihrer Kaulquappenentwicklung vom Wasser wegstrebten und plötzlich in Massen an Stellen

auftauchten, an denen es tags zuvor nicht ein einziges dieser Tiere gab.

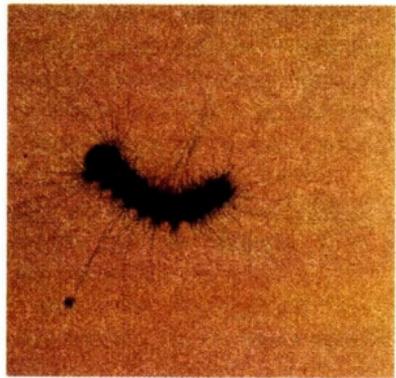
Aber die unvorstellbare Gewalt von Wirbelstürmen, die in ihrem Zentrum Hunderte von Metern hohe Wassersäulen, die sogenannten Wasserhosen, emporreißen können, entführt mit diesen naturgemäß auch zahlreiche Wassertiere. Einmal wurde sogar über das Herabfallen von Muscheln berichtet, die doch weitgehend im Schlamm eingegraben leben. Oft wird ausdrücklich hervorgehoben, daß die Tiere lebendig am Boden ankamen. Die Kenntnis davon, daß es noch auf ganz andere Weise zu Fischregen kommen kann, verdanken wir Alexander von Humboldt, der berichtete, daß er 1698 in Südamerika beobachtete, wie mit dem von einem Vulkan emporgeschleuderten Schlamm auch Fische verstreut wurden. Presseberichten zufolge wurde im Kiewer Gebiet ein Pferd etwa 100 m durch die Luft getragen, und aus Australien kam die Meldung, daß Hunderte kleiner Meeresfische aus der Luft auf einer 320 Kilometer von der Küste entfernten Farm niedergegangen seien.

Wahrscheinlich wird nur ein Bruchteil derartiger Ereignisse beobachtet, und die meisten registrierten werden kaum allgemein bekannt. Man darf daher wohl annehmen, daß sie häufig genug sind, um im Verlauf von Jahrtausenden zur Ausbreitung von Tieren, wenn auch nicht von Pferden, über sonst unüberwindliche Ausbreitungsschranken beigetragen zu haben.

Zweifellos ist der Wind mit im Spiel, wenn immer wieder kleine Vögel den Atlantik überqueren. Im Oktober 1983 wurden in Großbritannien nicht weniger als 21 Arten bzw. Unterarten nordamerikanischer Vögel festgestellt! Gelegentlich erscheint auch ein berühmter amerikanischer Wanderfalter, der Monarch, an europäischen Küsten und ein australischer Schmetterling in Neuseeland. In den meisten Fällen führen solche Ferntransporte nicht zur Ansiedlung der betreffenden Arten. Das ist eher bei solchen Tieren der Fall, für die Verdriftung ein ganz normales Ereignis ist. Auf einem Autobahnparkplatz scherte an einem schönen Sommertag ein Fahrer nach dem anderen aus dem Fahrzeugstrom aus, um seine Frontscheibe zu reinigen, an der unzählige Blattläuse klebten. Es handelte sich um die Mehligke Kohlblattlaus, für die sich im Hochsommer die Ernährungsbedingungen an den stark befallenen Pflanzen verschlechtern. Infolgedessen steigen sie bei geeigneter Witterung schlagartig in Massen auf, um neue Wirte zu suchen. Aufwind führt die Blattläuse leicht in größere Höhen, wo sie trotz Flügelschlagens ganz den Luftströmungen preisgegeben sind, die sie über viele Kilometer entführen können. Daher haben die meisten Blattläuse weite Verbreitungsge-



*Allein auf dem Nummernschild dieses Autos endete der Massenflug tausender Kohlblattläuse.*



*Mit ihren langen Haaren werden die nur wenige mg schweren Jungraupen des Schwammspinners vom kleinsten Lufthauch entführt.*

biere. Auf Spitzbergen taucht immer wieder eine bestimmte Art der Fichtenblattlaus auf, die wenigstens 1000 km zurückgelegt haben muß, denn die nächsten Fichten stehen auf der Halbinsel Kola.

Mit den Blattläusen sind die Schildläuse verwandt, deren Weibchen großenteils seßhaft sind. Hier wurde erstaunlicherweise das flügellose erste Larvenstadium zum Ausbreitungsstadium, und es gibt Hinweise darauf, daß die winzigen Tiere mehr als 100 km weite Lufttransporte überstehen.

Der merkwürdige Fall, daß bei Insekten die Ausbreitung durch ein flugunfähiges Stadium erfolgt, steht nicht vereinzelt da. Als vor einigen Jahren die Nonne durch Massenvermehrung unsere Wälder bedrohte, fielen zur Zeit des Schlüpfens auch mitten in Stadtgebieten die winzigen Räumchen auf. Sie konnten so leicht verweht werden, weil sie für ihre Größe ungewöhnlich lange Haare haben. Ebenso ist es beim verwandten Schwammspinner, dessen Weibchen in Nordamerika, wo der Falter eingeschleppt wurde, überhaupt nicht mehr fliegen. Hier ermittelte man, daß sich bei dichtem Vorkommen 72% bis 90% der Raupen vom Wind treiben lassen. Man konnte sie bis in 600 Meter Höhe und nach Überquerung einer Wasserfläche in 40 Kilometer Entfernung nachweisen.

Vom Flugzeug aus hat man schon öfter Insektenfang betrieben. Dabei gehen gute Flieger fast nur in geringer Höhe ins Netz, aber fluguntüchtige Insekten oder gar flügellose Arten und Spinnen können noch in 4000 Meter Höhe gefangen werden. Vergleichbar waren die Ergebnisse,

als man den Pazifik überquerende Schiffe mit hoch an den Masten angebrachten Insektennetzen ausrüstete: Auch hier fing man schließlich – vereinzelt noch Hunderte Kilometer vom Land entfernt – nur wenig flugtüchtige, passive verdriftete Arten, die auf diese Weise auch auf landferne Inseln gelangen können.



*Nachweis von Windverbreitung.* Die Besiedlung von isoliert auf Mauern oder Dächern wachsenden Moospolstern durch Tiere kann man sich selbst vor Augen führen. Sofern ein Mikroskop zur Verfügung steht, sollte man einmal solch eine tags zuvor mit wenig Wasser eingeweichte Moosprobe untersuchen. An diesen oft austrocknenden und überhitzten Standorten können nur Tiere mit widerstandsfähigen Dauerstadien existieren, die zugleich eine Ausbreitung durch Verwehung ermöglichen. Im allgemeinen findet man in den Proben sehr schnell Protozoen, Rädertiere, Fadenwürmer und Milben, während man meist eine ganze Reihe Stichproben von verschiedenen Stellen untersuchen muß, um auch die possierlichen Bärtierchen kennenzulernen.

So erstaunlich die Lufttransporte oft sind, können sie doch nicht alle Fälle von passiver Ausbreitung erklären.

## *Im Spülsaum des Meeres*

Schwimmfähige Objekte können sehr weit verfrachtet werden. Manchmal liest man von einer Flaschenpost, die sogar den Ozean überquerte. Im Spülsaum der Ost- und Nordsee finden aufmerksame Strandwanderer viele interessante Dinge, die das Meer angespült hat: Schnecken und Muscheln, Bernstein, Holzstücke, Seegras und Tange, Samen und Früchte. Seegras und Tang sind durch die Wellen manchmal zu Kugeln geformt und bilden „Seebälle“.

Angeschwemmte Algen geben uns Aufschluß über das Pflanzenleben im Meer. Bei Stürmen werden sie losgerissen und durch die Meeresströmungen weit verbreitet. Die großen Algen, auch Tange genannt, werden nach ihrer Färbung in Grün-, Braun- und Rotalgen unterschieden. Es lohnt sich, einige schöne Exemplare zu sammeln, zwischen Zeitungspapier zu pressen und später auf Zeichenkarton aufzukleben. So kann man sich ohne große Mühe ein Algenherbar anlegen.

Die bekannteste Alge der Ostsee- und Nordseeküste ist der Blasen-tang, eine bandförmige, gabelige Braunalge. Sie sitzt mit einer Haftscheibe auf Steinen fest. Gasgefüllte Schwimmblasen ermöglichen das



*Der Blasentang wird bis zu 2 m lang. Abgerissene Stücke findet man häufig im Spülsaum.*



*Der Meerkohl steht unter Naturschutz. Samen und Früchte können durch Wasserströmungen verbreitet werden.*

Schweben im Wasser und den Transport abgerissener Teile. Der schlauchförmige Darmtang und der blattartige, eßbare Meersalat gehören zu den Grünalgen. Sie wachsen auf Holz oder Steinen dicht unter der Wasseroberfläche und sind beim Baden leicht zu finden. Rotalgen wie Horntang und Seeampfer fallen durch ihre kräftige rote Farbe auf. Sie kommen in tieferen Zonen der Meere vor und können im Spülsaum gesammelt werden.

Das Meer spült auch viele Samen an den Strand. Einige von ihnen haben den Transport im Salzwasser überlebt und finden im Spülsaum zusa-gende Lebensbedingungen. In den Sand eingespülte Tang- und Seegras-reste bilden hier ein stickstoffreiches Keimbett, in dem die Samen aufgehen und sich zu Strandpflanzen entwickeln. Diese Vorposten der Vegetation vertragen das Salzwasser und wachsen nur an solchen extremen Standorten. Danach haben sie auch ihre Namen erhalten: Strand-Melde, Strand-Kamille, Meersenf, Meerkohl, Salzmiere und Salzkraut.

Auch an tropischen Meeresküsten gibt es Spülsäume. Hier fallen die spindelförmigen Keimlinge der Mangroven auf, die an bestimmten Stränden in großer Menge angeschwemmt werden. Auch „Seebohnen“, die Samen tropischer Lianen, Kokosnüsse, Früchte des Schraubenbaumes und vieler anderer Pflanzen sind zu finden.

An der Kokosnuß läßt sich die Angepaßtheit an die Wasserverbreitung gut untersuchen. Die Kokosnüsse, die bei uns vom Handel angeboten werden, sind nur ein Teil der Frucht: der Steinkern, vergleichbar einem Kirsch- oder Pfirsichkern. Die gesamte Kokosnuß ist viel größer, ihre

Fruchtwand besteht aus drei Schichten. Außen liegt eine braune, ledrige Haut, die das Eindringen von Seewasser verhindert. Unter ihr ist das Schwimmgewebe ausgebildet, das sind trockene, braune Fasern mit luftgefüllten Zellen, die ein dickes Polster bilden. Nach der Ernte wird es zum großen Teil entfernt und zu Seilen und Matten verarbeitet. Nur Reste davon sehen wir außen am verbleibenden harten Steinkern, der innersten Schicht der Fruchtschale, der den Samen vor Austrocknung und Beschädigung schützt. Im Innern befindet sich ein Same mit brauner Schale, weißem, fettreichem Nährgewebe und der zuckerhaltigen Kokosmilch.

Die Kokospalme stammt wahrscheinlich von den Sunda-Inseln. Durch ihre Schwimmfrüchte hat sie sich an allen tropischen Küsten ausgebreitet, so daß sie geradezu zum Symbol tropischer Eilande geworden ist.

Schwimmfrüchte finden wir nicht nur am Meeresstrand. Auch viele Pflanzen am Ufer von Flüssen, Seen und Teichen werden durch das Wasser verbreitet. Ihre Samen oder Früchte sind an den Transport in unterschiedlicher Weise angepaßt. Sporen und kleine Samen sind meist unbefestigt und treiben deshalb auf der Wasseroberfläche. Andere Samen haben Luftsäcke ausgebildet und dadurch ihre Dichte vermindert. Bei den Seerosen zum Beispiel tragen sie einen sackartigen, schwammigen Samenmantel, der einen luftgefüllten Hohlraum umschließt. Wasser-Schwertlilie, Wasser-Schierling, Laichkräuter und Zaunwinde bilden Samen mit einem Schwimmgewebe aus, das ihnen den nötigen Auftrieb verleiht. Dieses Gewebe besteht aus abgestorbenen Zellen, die mit Luft gefüllt sind – wie bei den Kokosfasern –, oder es ist schwammartig mit vielen kleinen Lufträumen zwischen den Zellen.

Stromtalpflanzen nutzen das fließende Wasser für die Ausbreitung. Sumpf-Wolfsmilch, Sumpf-Greiskraut und Filzige Pestwurz sind Beispiele für diese Gruppe, die bei uns nur in den großen Flußtälern vorkommt.

Auch bei ausgesprochenen Landpflanzen gibt es eine Samenverbreitung durch das Wasser, und zwar durch die „Regenschwemmlinge“. Der Scharfe Mauerpfeffer zum Beispiel öffnet seine Früchte nur bei Regen; die Samen werden herausgespült und fortgeschwemmt.



*Schwimmfähigkeit von Samen und Früchten.* Wir füllen eine Reihe von Gläsern mit Wasser und streuen vorsichtig in jedes Glas 10 Samen (oder Früchte) einer Pflanze. In der Tabelle sind einige Beispiele angegeben, die sich unterschiedlich verhalten. Sie kann beliebig erweitert werden. In bestimmten Zeitabständen zählen wir die schwimmenden Samen und tragen das Ergebnis in die Tabelle ein.

Pflanze	aufs Wasser	davon schwimmen nach				
	gestreut	1 Std.	8 Std.	1 Tg.	2 Tg.	7 Tg.
Erbse	10 Samen					
Senf	"					
Mohn	"					
Kümmel	"					
Zaunwinde	"					
Wasser-Schwertlilie	"					
Weißer Seerose	"					
Laichkraut	"					
Franzosenkraut	"					
Hirtentäschel	"					

Während es leicht vorstellbar ist, daß jahrelang keimfähige Samen ungeschädigt von Küste zu Küste gelangen, möchte man dem Transport von Landtieren durch Meeresströmungen keine Chance zubilligen. Gelegentlich findet man bei einer Strandwanderung an der Ostsee jedoch den Spülsaum kilometerweit von einem hauptsächlich aus Insekten bestehenden, schmalen Band markiert. Dabei entdeckt man in einer Überzahl von toten auch überlebende Tiere. Oft werden besonders viele Marienkäfer angespült, die die Massenvermehrung ihrer Hauptbeute, der Blattläuse, mitgemacht haben, und wie diese in Schwärmen aufbrachen, als die Nahrung knapp wurde. Käfer bleiben im Meerwasser mitunter tagelang am Leben, und so kann eine in der Luft begonnene Wanderung eine erfolgreiche Fortsetzung durch Strömungen oder Wellen finden.

Für die Erweiterung der Verbreitungsgebiete von Landtieren ist der Transport mit Flößen jedoch sehr viel wichtiger. Unter Flößen ist hier alles mögliche Treibgut zu verstehen, das Tiere mitführt. In erster Linie kommen dafür Baumstämme in Frage, die früher in weitaus größerer Anzahl unterwegs waren als heute, da sie vor allem von Prallhängen noch ungebändigter Flüsse stammen. Beispielsweise ließen sich auf Aldabra Stämme nachweisen, die von Madagaskar kamen. Weite, aber auch Dauer einer möglichen Floßfahrt werden auch dadurch belegt, daß Teile des Mitte 1969 vor Barbados gescheiterten Papyrusbootes des berühmten norwegischen Forschers Thor Heyerdahl im Dezember 1972 an der Westküste der Lofoten angetrieben wurden. Gelegentlich wurden ganze schwimmende Inseln beobachtet, die flußabwärts trieben oder schon auf hoher See waren.

Meist kommen die Bäume geschunden, entrindet und womöglich halb verrottet an einem fernen Gestade an, so daß sie allenfalls Meerestiere

mitführen, die sich inzwischen daran angesiedelt haben. Es ist aber ausnahmsweise möglich, daß im Holz lebende Insekten oder geschützt unter der Rinde liegende Larven längere Transporte überstehen. Mancher Baum mag auch eine stabile Lage haben, so daß ein Teil seiner Oberfläche nur zeitweise eintaucht und vielleicht einzelne Äste aus dem Wasser herausragen.

Auf einen Floßtransport ihrer Eier führt man die weite Verbreitung mancher Geckos in der pazifischen Inselwelt zurück. Auch das Vorkommen gewisser Reptilien, die im Orinokogebiet heimisch sind, auf Inseln der Karibik läßt sich nur in dieser Weise erklären. Wenn Berichte über das gelegentliche Auftreten von Halsbandlemmings auf Spitzbergen zutreffen, müßten diese, wahrscheinlich von Nowaja Semlja kommend, trotz Hunger und Kälte einen sicher sehr langsamen Transport auf Eisschollen überstanden haben.

Weit größer ist zweifellos der Beitrag, den Meeresströmungen für die Ausbreitung von Wassertieren leisten. Für Flachwasserbewohner ist es ja kaum leichter als für Landtiere, die Weite eines Ozeans zu überwinden. Korallenfische, die sich sonst nur wenige Meter von ihren Schlupfwinkeln entfernen, haben keinen Anlaß, auf einmal einen über Dutzende oder Hunderte von Kilometern beibehaltenen Kurs in die Ferne einzuschlagen. Und wenn sie es täten, würden sie im freien Meer bald Raubfischen und anderen Tieren zum Opfer fallen.

Dagegen werden die erwähnten, oft in gewaltigen Mengen produzierten Schwimmlarven vieler seßhafter oder fast seßhafter Meerestiere leicht von Strömungen erfaßt und mitgenommen. Riesenmuscheln bringen es alljährlich auf Millionen von Nachkommen, die auf diese Weise auf die Reise gehen. Im allgemeinen sind solche Larven allerdings nur wenige Tage lebensfähig. Ausdauernder sind die Larven von Korallen, die zum Beispiel mit dem Golfstrom von der Karibik bis zu den Bermudainseln gelangen. Da der Golfstrom zugleich für die von Riffforallen benötigte hohe Wassertemperatur sorgt, gibt es hier die nördlichsten Korallenriffe der Welt. Ohne Unterstützung dieser mächtigen Meeresströmung hätten auch die in der Tiefe der Sargassosee aus dem Ei geschlüpften Aallarven kaum die Kraft, bis an die europäischen Küsten zu gelangen.

## *Inseln werden neu besiedelt*

Vor der Sundastraße zwischen Sumatra und Java liegt die Inselgruppe Krakatau. Vor über 100 Jahren, am 27. August 1883, wurde die gesamte Tier- und Pflanzenwelt dieser Inseln durch einen gewaltigen Vulkanausbruch vernichtet. Mehr als 10000 km<sup>3</sup> Gestein wurden in die Luft geschleudert. Von den Inseln, die zusammen eine Fläche von 32,5 km<sup>2</sup> einnahmen, blieb nur ein Drittel erhalten. Eine 36 Meter hohe Flutwelle suchte die benachbarten Strände heim. 36000 Tote waren zu beklagen. Noch nach Monaten kreiste die Vulkanasche um die Erde und färbte den Himmel blau und grün.

Dies war nicht der erste Vulkanausbruch der Inseln und leider auch nicht der letzte. Eine frühere Eruption des alten Vulkans, der schon als „Kapi“ im javanischen Buch der Könige erwähnt wird, fand wahrscheinlich im Jahre 416 statt. Anstelle des fast 2000 Meter hohen Berges blieb damals ein riesiger Krater mit drei kleinen Inseln an seinem Rande. Aus ihnen entstand im Verlauf der Jahrhunderte der neue Vulkan, der 1883 ausbrach und drei völlig kahle Inseln zurückließ. Auf Krakatau wurde jegliches Leben ausgelöscht. Doch schon nach einem Jahr begann die Wiederbesiedlung. Sie wurde von Forschern aus zahlreichen Ländern beobachtet, die hier die einmalige Möglichkeit hatten, wie in einem großen Freiland-Laboratorium zu arbeiten.

Bereits neun Monate nach dem Ausbruch des Vulkans wurde das erste Lebewesen entdeckt, es war eine kleine Spinne, die der Wind an ihrem Faden vom Festland herübergeweht hatte. Natürlich verhungerte sie auf der kahlen Insel.

Nach fünf Jahren gab es auf Krakatau schon wieder 28 Pflanzenarten, darunter 11 Farne, 4 Orchideen, Kokospalmen und wildes Zuckerrohr. Nach 33 Jahren waren 96 Blütenpflanzen-, 37 Farn- und 32 Pilzarten sowie 263 Tierarten vorhanden. Bei den Tieren waren es in der Mehrzahl Insekten, aber auch 16 Vogel-, 2 Reptilien- und 4 Schneckenarten. Heute, etwa 100 Jahre nach dem Vulkanausbruch, bedeckt wieder dichter Wald die Inseln, rund 200 Pflanzenarten und über 1200 Tierarten kommen dort vor. Unter ihnen sind 15 Arten, die es vor der Zerstörung durch den Vulkan auf den Inseln nicht gegeben hat.

Die Neusiedler stammen vor allem von Sumatra und Java und mußten eine Entfernung von 40 Kilometer bis 45 Kilometer zurücklegen, um die Krakatau-Inseln zu erreichen. Zwar liegen einige kleine Inseln näher, aber sie waren ebenfalls von dem Vulkanausbruch betroffen worden. Nur wenige Lebewesen erreichten die Inseln als aktive Flieger oder

Schwimmer. Dazu zählen Vögel, Fledermäuse und einige Insektenarten sowie große Schlangen und Warane. Die Mehrzahl der Siedler wurde passiv zu den Inseln transportiert. Das Wasser spielte dabei naturgemäß die größte Rolle: Etwa 60% der heute auf Krakatau lebenden Arten wurden angeschwemmt, entweder als Samen und Früchte oder mit Hilfe von Flößen. Die Früchte der Kokospalmen, der Kasuarinen und anderer Strandbäume, die an den Küsten Sumatras und Javas verbreitet sind, bilden luftreiche Schwammgewebe aus und hatten in wenigen Jahrzehnten die Vulkaninseln wieder besiedelt. Geckos, Skinke, Schnecken und Insekten erreichten auf angeschwemmten Stämmen ihre neue Heimat.

32% der Tier- und Pflanzenarten sind auf dem Luftwege gekommen. Algen, Moose und Farne zählen zu den pflanzlichen Erstbesiedlern, weil ihre staubfeinen Sporen durch Luftströmungen weit verdriftet werden. Die Früchte von manchen Süßgräsern und Korbblütengewächsen schweben mit Hilfe ihrer Haarschöpfe, sie konnten so den Weg übers Meer zurücklegen. Nur 8% der Arten wurden durch Vögel und später vielleicht auch durch Menschen eingeschleppt. Feigen und andere Früchte wurden von Vögeln gefressen und ihre Samen nach dem Flug über das Meer auf den Inseln ausgeschieden. Klettfrüchte, feine Samen und Sporen haften am Gefieder und wurden auf diese Weise transportiert. Als Ergebnis entstand in kurzer Zeit eine neue Lebensgemeinschaft auf den Inseln, ein eindrucksvolles Beispiel für die Ausbreitung von Pflanzen und Tieren.

Seit 1927 „wächst“ zwischen den drei wiederbegrünten Inseln auch ein neuer Vulkan empor. Die Malaien nennen ihn Anak Krakatau, auf deutsch „Kind des Krakatau“. Er überragt schon den Meeresspiegel, und in den letzten Jahren gab es wieder mehrere kleine Ausbrüche.

## *Surtsey – eine neugeborene Insel*

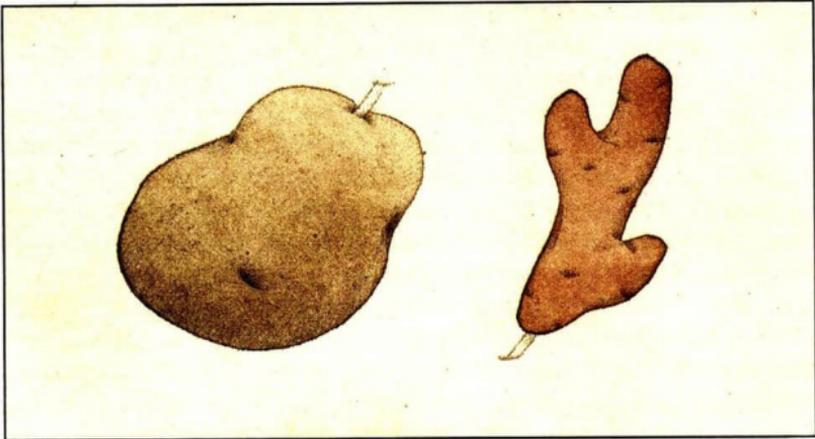
Am 14. November 1963 stiegen etwa 30 km von der isländischen Küste entfernt riesige Rauch- und Dampfwolken aus dem Meer. Die gleichzeitig emporquellende Lava wuchs bald über die Wasseroberfläche hinaus. Als der Vulkan 1967 endgültig zur Ruhe kam, hatte die neuentstandene Insel eine Größe von etwa 250 ha erreicht. Ihre Oberfläche wurde zunächst noch mehrfach von Lava und Asche überdeckt, diese Zeit nutzten Forscher für Vorbereitungen, um dann die Besiedlung der neugeborenen Insel Surtsey durch Pflanzen und Tiere von Anfang an zu verfolgen. Die Möglichkeit eines Wassertransportes von Samen oder Insekten erkunde-

ten sie zunächst durch Schwimmenlassen von Millionen kleiner Plastik-  
kugeln, von denen etwa 1000 binnen einer Woche von der nächsten In-  
sel nach Surtsey gelangten. Die Überwindung der Entfernung schien also  
nicht das Problem zu sein. Da sich erst allmählich und nur stellenweise  
ein Strand ausbildete, blieben die Möglichkeiten für eine erfolgreiche  
Anlandung sehr beschränkt. Auch mit dem Wind oder durch Vögel auf  
die Insel gelangte Keime konnten kaum wachsen und gedeihen, denn es  
herrschte Mangel an Süßwasser und an Stickstoffverbindungen, die von  
den Pflanzen aufgenommen werden konnten.

Knapp 10 Jahre nach ihrem Auftauchen war die zunächst teilweise  
durch Vulkangase vergiftete Oberfläche der Insel fast vollständig von  
Bakterien und Algen besiedelt, und darunter waren auch stickstoffbin-  
dende Blaualgen. Es gab aber stellenweise auch schon höhere Pflanzen.  
Man bestimmte damals 10 Flechten- und 72 Moosarten. Nachdem die  
bereits 1965 festgestellten ersten 30 Exemplare des Meersenfes noch ein-  
mal verschüttet worden waren, hatte diese Pflanze zusammen mit  
Strandhafer, Pferdezungel und Salzmiere 1967 erneut und jetzt endgültig  
Surtsey erobern können. Die Salzmiere wurde in der Folge die beherr-  
schende Blütenpflanze. Von den Tierarten galten 1973 9 Einzeller, 2 Rä-  
dertiere, 3 Fadenwürmer und eine Zuckmücke als eingebürgert. Ferner  
brüteten schon in größerer Anzahl Mantel- und Silbermöwen sowie Trot-  
tellummen. Gelegentlich wurden auch weitere Insektenarten und eine  
Spinne auf der Insel gefunden, doch waren diese offensichtlich dort noch  
nicht heimisch. Als die Insel 20 Jahre alt war, gab es schon zahlreiche Ar-  
ten wirbelloser Tiere und 19 Arten Blütenpflanzen. Damit hatte sich die  
Anzahl der ökologischen Nischen sowohl für Pflanzenfresser als auch für  
Räuber und Parasiten merklich erhöht. Man darf daher annehmen, daß  
sich der weitere Zuwachs an Arten beschleunigen und die künftige Ent-  
wicklung dadurch kaum minder interessant sein wird als der erste An-  
fang.

### *Pflanzen und Tiere folgen dem Menschen*

Als Kolumbus im Jahre 1492 die „Neue Welt“ entdeckte, erblickte er  
nicht allein die Inseln vor einem bis dahin nicht bekannten Kontinent,  
sondern sah an Land auch zahlreiche Tier- und Pflanzenarten, die ihm  
und allen Europäern unbekannt waren. Bäume und zahllose Kräuter,  
dazu verschiedene Kulturpflanzen der Eingeborenen wurden daraufhin  
nach Europa mitgenommen und erregten ehrfürchtiges Staunen.



*Die Kulturkartoffel (links) ist durch Züchtung entstanden. Mit flachen Augen und regelmäßiger Form ist sie verlustarm zu schälen. Die „Indianerkartoffel“ (rechts) hat tiefe Augen und ist unregelmäßig geformt.*

Bald bemerkte man, daß manche Art, die in der Neuen Welt kultiviert wurde, auch in Europa gut zu gedeihen vermochte. Raleigh brachte als erster den Tabak mit, andere Entdecker den Mais. Der Anbau von Kakao wurde bald nicht allein in Mittelamerika, sondern auch in Westafrika und auf den Inseln des Stillen Ozeans in großem Maßstabe betrieben.

Indianerstämme in Süd- und Mittelamerika bauten eine seinerzeit in Europa unbekannte Pflanze an und verzehrten deren unterirdische Knollen. Auch diese Pflanze brachte man in der Mitte des 16. Jahrhunderts nach Europa, vergaß aber mitzuteilen, welchem Zweck sie in ihrer Urheimat diene und wie sie behandelt werden mußte. Sie wurde als nicht allzu attraktive Zierpflanze angebaut, ehe man lernte, ihre Knollen zu ernten, als Nahrung zuzubereiten und einen Teil im nächsten Frühjahr wieder auszupflanzen. Die Erträge lagen anfangs sehr niedrig, und die stark gegliederten Knollen mit ihren tief liegenden Augen waren schwer zu nutzen. Noch hundert Jahre nach ihrer Einführung in Europa ahnte keiner, daß diese Pflanze – die Kartoffel – in vielen Teilen der Alten Welt ein Grundnahrungsmittel werden könnte.

Dramatischer verlief die Ausbreitung des Kautschukbaumes: Um die Mitte des vorigen Jahrhunderts nahm der Verbrauch an Kautschuk schnell zu, weil durch den Aufschwung der Industrie der Bedarf an Gummi stark anstieg. Die Lieferungen kamen damals durchweg aus den

Regenwäldern Brasiliens, wo Indianer die Rinde der kautschukliefernden Bäume einkerbten, damit der Milchsaft austrat und abgekratzt werden konnte.

Der Botaniker Wickham aus London brachte vor mehr als hundert Jahren – trotz strengster Ausfuhrverbote und Androhen der Todesstrafe – Saatgut der Kautschukbäume nach Europa, wo die Pflanzen zunächst als Kuriosität gehalten wurden. Doch bald versuchte man ihren Anbau in verschiedenen tropischen Gebieten, vor allem in Südostasien. Auch am Rande des Pazifik und in Westafrika gediehen die Bäume vorzüglich, wie man bald feststellte: Große Plantagen mit Kautschukbäumen wurden dort angelegt. Brasilien, das Ursprungsland, wurde als Lieferant bald bedeutungslos, da die dortige Sammelwirtschaft mit der Plantagenkultur nicht zu konkurrieren vermochte.

Ähnlich erging es der Sisalagave, einer anspruchslosen Pflanze aus Mexiko, deren Blätter verwertbare Fasern enthalten. Auch in diesem Fall war es ein Botaniker, der zu Anfang unseres Jahrhunderts eine Kiste mit Ablegern nach Ostafrika kommen ließ. Die eingeführten Pflanzen entwickelten sich auf den Sandböden entlang der Küste prächtig, zumal sie auch die zeitweilige Trockenheit des Bodens gut überstanden.

Sisal ist eine preiswerte, grobe Faser, die zu Bindfaden, Mehlsäcken und ähnlichem Grobgewebe verarbeitet werden kann. Heute kommt der größte Teil der Fasern aus Ostafrika; Mexiko spielt als Lieferant nur noch eine untergeordnete Rolle.

Ein solches Verschicken von Pflanzen über weite Entfernungen erfolgte früher ohne alle Vorsichtsmaßnahmen. Nicht selten traten dabei auch empfindliche Rückschläge auf. Ein Beispiel unter vielen sei hier erzählt:

Auf Seen und Flüssen in Südamerika gedeiht eine auffallende Schwimmpflanze, die Wasserhyazinthe. Mit ihren großen Blättern, die an aufgetriebenen Stellen des Stieles Lufträume besitzen, treibt sie auf der Oberfläche zahlreicher Binnengewässer. In Abständen von einigen Monaten entwickelt sie leuchtend blauviolette Blütenstände, die an eine Hyazinthe erinnern – daher ihr Name.

Der Botanische Garten im früheren Buitenzorg auf der Insel Java ließ sich Saatgut der fremden Pflanze kommen, zog die Sämlinge auf und setzte sie in einen Teich. Wie in vielen anderen wissenschaftlichen Einrichtungen dieser Art wollte man den Besuchern ein möglichst breites Sortiment interessanter Pflanzen vorführen. (Der Sammeltrieb der Gartendirektoren ist unerschöpflich und wird durch ein gut funktionierendes Tauschsystem gefördert.)

Die Wasserhyazinthe gedieh auf Java prächtig und breitete sich bald über die Fläche des Teiches aus. Als sie begann, andere sorgfältig behütete Pflanzen zu verdrängen, ließ der Direktor des Gartens den größten Teil der üppig wuchernden Art herausfischen und einfach in einen Bach werfen, der dicht am Botanischen Garten vorbeifließt. Doch auch dort gedieh die fremde Pflanze vorzüglich und bildete dichte Polster. Bald erreichte sie, flußabwärts treibend und immer weiter wuchernd, eine große Hafenstadt mit zahlreichen Kanälen. Dort legte sie die Schifffahrt, die auf jenen Wasserstraßen eine bedeutende Rolle spielt, durch ihren Massenwuchs weitgehend lahm.

Auch in anderen Teilen der Welt wurde die Wasserhyazinthe bald nach ihrem ersten Auftreten ein Gewässerunkraut. In vielen Fällen wissen wir heute nicht mehr wie sie verbreitet wurde, ob ihre Samen durch den Menschen, mit Schiffsladungen etwa, oder durch Vögel eingeschleppt wurden.

Die Wasserhyazinthe wuchert auf der Oberfläche tropischer Flüsse, Kanäle und Seen fast unbegrenzt. In manchen Ländern hat man jedoch gelernt, die Pflanzenmasse rechtzeitig zu ernten und als Futter für die Haustiere – Rinder und Büffel – zu verwerten.

Daher gilt die Wasserhyazinthe, die der Mensch über mehrere Kontinente verbreitet hat, in manchen Ländern als lästiges Gewässerunkraut, in anderen hingegen als wertvolle, fast kostenlos verfügbare „pflegeleichte“ Futterpflanze.

Auch unsere heimische Flora ist durch den Menschen um einige lästige Unkräuter bereichert worden. So wurde vor knapp zweihundert Jahren das Kleinblütige Knopfkraut, auch Franzosenkraut (*Galinsoga parviflora* L.) genannt, nach Europa eingeschleppt. Es kommt heute an Wegrändern und auf Ödland, vor allem aber in schlecht gepflegten Kulturen der Hackfrüchte (Rüben, Kartoffeln) massenhaft vor.

Botaniker hatten die Pflanze, die ursprünglich in den Anden Perus heimisch war, mit nach Europa gebracht und in Botanischen Gärten kultiviert. Im Jahre 1794 wurde die Art erstmalig in Paris erwähnt. Andere Gärten bezogen von dort ihr Saatgut.

Die neue Art, die sich leicht ausbreitet und auf vielen Standorten zu gedeihen vermag, „flüchtete“ von dort aus in die nähere Umgebung und vermehrte sich massenhaft. Es ist kein Zufall, daß auf Verbreitungskarten vorwiegend Universitätsstädte mit einem Botanischen Garten als Ausgangspunkte eingetragen sind. Von dort aus nahm das Franzosenkraut seinen weiteren Weg. Die Ausbreitung über Mitteleuropa benötigte dann nur noch wenige Jahre.



*Franzosenkraut*

*Beide Arten wurden vom Menschen nach Europa verschleppt.*



*Kanadische Wasserpest*

Das Mitwirken des Menschen brachte jenes Unkraut in verschiedene Orte Europas – Ferntransport. Die weitere Ausbreitung erfolgte dann durch die Pflanze selbst – Nahverkehr.

Solche Pflanzen, die aus fernen Gebieten eingeschleppt wurden, nennt man Neubürger oder Neophyten. Zahlreiche Unkräuter unserer Äcker und Grasflächen gehören hierzu. Der Ausländische Ehrenpreis, das Kanadische Berufkraut und die Kanadische Wasserpest weisen schon durch ihre Namen auf den fremden Ursprung hin.

Ähnliche Beispiele über den menschlichen Einfluß auf die Verbreitung gibt es auch in der Tierwelt. Damwild, Wildkaninchen, Fasan und Karpfen wurden schon vor so langer Zeit in Mitteleuropa eingebürgert, daß sie kaum noch als Fremdlinge empfunden werden. Im 20. Jahrhundert sind Bisamratte, Waschbär und Marderhund hinzugekommen, und der Mink (Farmnerz) ist dabei, die Stelle des fast ausgestorbenen Nerzes einzunehmen. Die Mehrzahl dieser eingeführten Arten, denen man weniger weit verbreitete anfügen könnte, wurde absichtlich in die freie Wildbahn entlassen. Bei den Ratten und der Hausmaus ist es schwer zu sagen, wie weit Verschleppung im Spiel war und wie weit die vom Menschen geschaffene Umwelt und die Anhäufung seiner Vorräte eine selbständige Ausbreitung ermöglichten.

Zu den zahlreichen eindeutig versehentlich eingeschleppten Tieren gehören Wollhandkrabbe, Kartoffelkäfer und Reblaus, die vor einigen Jahrzehnten – im Fall der Reblaus schon vor mehr als 100 Jahren – wegen der von ihnen verursachten Schäden für beträchtliche Aufregung sorgten. Nachfolgend ist nur von Vögeln und Säugetieren die Rede, doch sei

angemerkt, daß Fische besonders oft weit von ihrer Heimat entfernt ausgesetzt wurden, und es dabei nicht selten zur Verschleppung unerwünschter Arten kam, beispielsweise von Parasiten. Unberücksichtigt bleibt, daß sich eine Reihe von Tieren dem Menschen eng angeschlossen hat und als Kulturfolger günstige Ausbreitungsbedingungen fand. Auch mit diesen Einschränkungen ist das Thema unerschöpflich.

Da sind zunächst die alten Seefahrer zu erwähnen. Entdeckungsreisende, wie beispielsweise James Cook, versahen die Bewohner der von ihnen besuchten Inseln oft mit Haustieren, sei es, daß es sich um Gastgeschenke, um Tauschartikel oder darum handelte, daß man sich als Kulturbringer betätigen wollte. Eine gute Tat glaubten auch diejenigen Seefahrer zu tun, die Ziegen oder Kaninchen auf unbewohnten Inseln aussetzten. Einerseits sah man darin eine Möglichkeit, auf einer der nächsten Reisen auf diesen Inseln frisches Fleisch zu gewinnen und die hauptsächlich aus Schiffszwieback und Pökelfleisch bestehende Schiffskost zu verbessern, deren Einseitigkeit und Vitaminarmut dazu führte, daß oft ein großer Teil der Besatzung erkrankte und daß die vor allem auf Skorbut zurückzuführende Sterblichkeit unter den Matrosen hoch war. Immerhin dauerten die Reisen, auch die der Walfänger, nicht selten mehrere Jahre. Man dachte andererseits auch an die Gefahr eines Schiffbruches, der die Überlebenden oft zu einem langen Robinsondasein verurteilte. Bekanntlich fand der „Original-Robinson“ auf seiner Insel Ziegen vor.

Das Ergebnis war, daß zahlreiche Inseln von Ziegen oder Kaninchen kahlgefressen wurden. Möglicherweise beteiligten sich an dem Zerstörungswerk der Pflanzenwelt von Bord gegangene Ratten, da die Hausratte leicht zum Baumleben übergeht, wo sie auch zum Plündern von Vogelnestern übergeht.

Noch 1959 wurden auf einer der wegen ihrer altertümlichen Fauna berühmten Galapagosinseln ein Bock und zwei Ziegen ausgesetzt. 18 Jahre später waren zum Schutz von der ursprünglichen Pflanzen- und Tierwelt schon 40000 der Ziegennachkommen abgeschossen worden, ohne daß ein Ende der Plage absehbar war.

Man sollte es nicht für möglich halten, daß der unter den früheren Anbaumethoden als Getreideschädling so bedeutende Haussperling in die Getreideanbaugelände der Neuen Welt sowie nach Australien und Neuseeland gelangen konnte, denn Sperlinge lassen sich nicht versehentlich verschleppen. Es hat sogar beträchtliche Mühe gemacht, sie in den USA einzubürgern. Nach einem alten Bericht wurden zunächst acht Paare freigelassen. Als das erfolglos blieb, wurde ein besonderes Sperlingseinbürgerungskomitee gebildet und Geld gesammelt. Schließlich stellte

man für die dann auf einem Friedhof ausgesetzten 100 Sperlinge sogar einen Wächter an. Aus den nächsten 30 Jahren lassen sich weitere Sperlingsimporte in die USA nachweisen, und in Philadelphia ließ man einmal etwa 1000 Sperlinge frei. Nur mit Mühe findet man in dem 400 Seiten starken Bericht einen Hinweis darauf, warum man den Sperling unbedingt haben wollte: Es gab noch keine Insektizide, und man hoffte wohl, daß er sich als Schädlingsvertilger nützlich machen würde.

Nicht nur dieses Beispiel zeigt, daß mit der guten Absicht, Schädlinge biologisch zu bekämpfen, große Schäden angerichtet werden können, wenn es an Kenntnissen und ökologischer Einsicht fehlt. So wird heute in vielen Gebieten die heimische Tierwelt durch Katzen, Füchse und Mungos bedroht, die schon manche Art ausgerottet haben. Vögel wurden in Siedlungsgebieten auch einfach als liebe Erinnerung an die Heimat angesiedelt. Von einem New Yorker Millionär heißt es gar, er hätte die Marotte gehabt, alle bei Shakespeare erwähnten Vögel in den USA heimisch zu machen.

Häufig holte man Tiere zur Bereicherung der Jagdstrecken ins Land. Das gilt besonders für Neuseeland, dessen Fauna völlig verfälscht wurde. Heute stehen dort drei heimische Säugetierarten 33 fremden Arten gegenüber. Die Zahl 33 wird auch für die eingebürgerten Vogelarten genannt, die die ursprünglich 60 heimischen Arten (ohne Seevögel) langsam verdrängen. In den Ortschaften und ihrer Nähe herrschen jetzt europäische Vögel vor.

In vielen Ländern der Erde faßten ferner verwilderte Haustiere Fuß. Auf Isabela, der größten Galapagosinsel, leben heute Hunde, Katzen, Schweine, Schafe, Rinder, Pferde und Esel ohne Bindung an den Menschen, dazu Ratten und Mäuse.

Es gibt keinen Zweifel daran, daß der durch Einbringen fremder Arten in ausgewogene Lebensgemeinschaften angerichtete Schaden den Nutzen bei weitem übersteigt. Leider kann man sich nicht mit der Gewißheit trösten, daß dieser Schaden klug gemacht hätte, und es verantwortungsbewußten Biologen gelingen könnte, die künftiger Leichtfertigkeit vorzubeugen könnten, denn allzu oft haben diese schon vergeblich auf vorhersehbare Nachteile bei Eingriffen in die Natur hingewiesen.



*Holzanatomen als Kriminalisten.* Holzanatomen untersuchen den mikroskopischen Bau des Holzes. Sie stellen anhand einer winzigen Probe fest, von welchem Baum das Holz stammt. Diese Fähigkeit wird in der Praxis zur Überprüfung von Holzproben genutzt und half auch schon, einen Kriminalfall aufzuklären:

Der Mörder war mit einer Leiter durch das offene Schlafzimmerfenster eingestiegen. Als einzige Spuren fanden die Kriminaltechniker Holzfasern der Leiter am Fenstersims. Das Holz wurde bestimmt. Es stammte von einem Hickory-Baum, der relativ selten für Leitern verwendet wird. Über den Hersteller wurden alle Käufer in der betreffenden Gegend ermittelt und ihr Alibi überprüft. Dabei fand man den Täter.



*Vom Nutzen der Pollenkunde.* Die Pollenkörner der Pflanzen unterscheiden sich durch Größe, Form, Oberfläche und Keimporen. Spezialisten können mit einem Mikroskop feststellen, von welcher Pflanze der Pollen stammt. Bei der Gütebestimmung von Bienenhonig wird das regelmäßig getan. Außer dem Nektar tragen die Bienen stets etwas Pollen mit ein, der dem Fachmann die Herkunft des Honigs verrät.

Auch die Kriminalisten nutzen die Pollenkunde. So wurde die Fälschung eines Testaments aufgeklärt. Ein Pollenkorn war in die nasse Tinte der Unterschrift gefallen. Da es von einem Frühjahrsblüher stammte, konnte das Dokument nicht schon im vergangenen Herbst geschrieben worden sein.



*Welternährung und Pflanzenzüchtung.* Gegenwärtig sind etwa 400 000 verschiedene Pflanzenarten bekannt. Von ihnen werden rund 150 für die menschliche Ernährung genutzt, aber nur 20 sind von entscheidender Bedeutung. Sie liefern über 90% unserer pflanzlichen Nahrungsmittel. Wieviel künftige Kulturpflanzen sind noch in dem großen Rest ungenutzter Arten enthalten? Hier bietet sich ein Reservoir für den Züchter, das wirkungsvoll dazu beitragen kann, den Hunger in der Welt zu überwinden.



*Pflanzenzüchter retten Wale.* Aus den Stirnhöhnen der Pottwale gewinnt man den Walrat. Er enthält Spermöl, das bei der Lederbearbeitung, in der Kosmetik-, Arzneimittel- und Lebensmittelindustrie verwendet wird. Aber der Bedarf kann nicht mehr gedeckt werden. Die Pottwale wurden so dezimiert, daß sie vom Aussterben bedroht sind. Heute können die letzten Wale geschont werden. Anstelle von Spermöl läßt sich das flüssige Wachs aus den Früchten des *Jojoba*-Strauches verwenden. Die Wildpflanze, die in der amerikanischen Sonora-Wüste vorkommt, enthält nur wenig Wachs, aber durch gezielten Anbau ließ sich der Ertrag bereits auf drei Kilogramm je Pflanze steigern.

# Fressen und gefressen werden



## Nahrungsketten

Aus einem nur wenige Milligramm schweren Samenkorn geht eine Pflanze hervor, die dem Boden einige Gramm für Tiere unverwertbare Nährsalze entzieht. Und doch wächst auf dieser bescheidenen Grundlage in wenigen Wochen genug Nahrung für nicht wenige Tierarten heran, die von den Wurzelspitzen bis zu den obersten Blattwirteln an der Pflanze fressen, ihren Saft saugen, den dargebotenen Nektar und Blütenstaub verwerten, es auf den Samen abgesehen haben oder sich schließlich nach dem Absterben der Pflanze an ihrer Zersetzung und damit an der Rückführung der verbliebenen Nährsalze beteiligen. Die Fähigkeit der Pflanzen, mit Hilfe ihres Blattgrüns die Sonnenenergie zu nutzen, um aus anorganischer Substanz Kohlenhydrate aufzubauen, ist die Voraussetzung für das Leben auf der Erde. Tiere und natürlich auch wir Menschen können nur als direkte oder indirekte Kostgänger von Pflanzen existieren.

Pflanzen sind als Produzenten so leistungsfähig, daß die Tiere als Konsumenten trotz ihrer Vielzahl nur einen kleinen Teil der erzeugten Substanz verbrauchen. Ob im Garten, in der Ackerlandschaft oder im Wald: Überall überwiegt die Pflanzenmasse, die pflanzliche Biomasse, bei weitem das, was die Tiere des gleichen Lebensraumes an tierischer Biomasse auf die Waage brächten.

Anders ist es dagegen im Meer. Dort bemerkt man oft auch an Stellen, an denen es so viele Fische gibt, daß davon große Vogelansammlungen,

Robben und Wale zehren können, nichts von pflanzlichem Leben. Hier benötigt man Planktonnetz und Mikroskop zu seinem Nachweis. Es handelt sich vorwiegend um einzellige Algen, die das Wasser trotz schneller Vermehrung kaum grün färben, weil die Tagesproduktion schon in der folgenden Nacht weitgehend weggefressen wird.

Die von den Pflanzen erzeugte Substanz und die darin gebundene Energie werden von Tierart zu Tierart, von Glied zu Glied einer Nahrungskette weitergegeben. So werden einzellige Algen von tierischen Einzellern gefressen, die wiederum von Kleinkrebsen als Nahrung aufgenommen werden, von denen sich kleine Fische ernähren. Kleine Fische fallen größeren zum Opfer, die ihrerseits beispielsweise von Pinguinen erbeutet werden. Schließlich könnte die Kette, sieht man von Aasfressern ab, mit einem Seeleoparden enden.

Ähnliche Nahrungsketten findet man überall in der Natur, und sie bilden einen guten Leitfaden bei der Untersuchung und Beschreibung von Lebensgemeinschaften. Dabei stellt sich allerdings schnell heraus, daß es keineswegs immer so einfach zugeht wie in unserem Beispiel und die Tiere nicht zwangsläufig von Kettenglied zu Kettenglied größer werden. Man denke nur an die Blutsauger und andere Parasiten.

Auch im Hinblick auf ungelöste Probleme einer ausreichenden Ernährung der Menschheit ist es sehr bedeutsam, daß die produzierte Biomasse entlang der Nahrungskette abnimmt. Jedes Tier benötigt für seine Lebenstätigkeit Energie, und die aufgenommene Nahrung wird bei weitem nicht vollständig genutzt. So verringern sich Masse oder Energie von Glied zu Glied jeweils auf etwa 10%. Die Höhe der Verluste wird leichter verständlich, wenn man sich folgendes klar macht: Wir Menschen nehmen nach Abschluß des Wachstums jahrzehntelang hochwertige Nahrung zu uns, von der nichts oder nur sehr wenig für weitere Glieder der Nahrungskette übrig bleibt. Für die Abnahme von Biomasse und Energie bildet die sich von Stockwerk zu Stockwerk verschmälernde Nahrungspyramide ein anschauliches Beispiel.

## *Pflanzen – immer das 1. Glied*

Von der auf der Erde vorhandenen Biomasse entfallen etwa 99% auf die grünen Pflanzen. Trotz weiter Verbreitung von Giften, Stacheln und anderen Schutzeinrichtungen werden fast alle Pflanzenarten von irgendwelchen Tieren gefressen. Das ist dadurch möglich, daß es ein Heer von Tieren gibt, die sich jeweils auf eine ganz bestimmte Futterpflanze spe-

zialisiert haben, also auch die „Schutzeinrichtungen“ mit verzehren. Dieses Spezialistentum trägt in starkem Maße zur ungeheuren Artenanzahl der Tiere bei, die die der Pflanzen weit übertrifft, und für die in den letzten Jahren immer größere Zahlen genannt wurden.

Auf dem Lande ernähren sich hauptsächlich Säugetiere, Vögel und Insekten von lebenden Pflanzen. Aber nur eine geringe Anzahl von Vögeln lebt vorwiegend von der Grünmasse, und nur ganz wenige fressen das ihnen so gut zugängliche Laub der Bäume. Das hängt wohl damit zusammen, daß die im Vergleich zu Früchten und Samen weniger energiereiche Blattmasse schwer verdaulich ist, so daß Laubfresser große Mägen haben müssen und viel Ballast mit der Nahrung aufnehmen. Unter den Fledermäusen gibt es überhaupt keine Blattfresser, manche Arten ernähren sich aber von Früchten, Nektar und Blütenstaub.

Um einige für das Verständnis der Natur bedeutsame Schlußfolgerungen abzuleiten, mag es genügen, Säugetiere und Insekten in ihren Beziehungen zu den Pflanzen darzustellen.

Bei den Säugern fällt auf, daß die allerkleinsten, wie Spitz- und Fledermäuse, entweder tierische Nahrung bevorzugen oder aber wie die Mäuse vor allem Samen und vielleicht auch Wurzeln fressen. Das läßt sich damit erklären, daß ihr Stoffwechsel wegen der relativen Größe der Wärme abgebenden Körperoberfläche eine Intensität haben muß, die hochwertige Nahrung erfordert.

Bei den Insekten ist das ganz anders. Als Kaltblüter verbrauchen sie meist keine Energie für die Wärmezeugung. Ebenso wie eine Kohlweißlingsraupe, die ihre ganze Entwicklung an ein oder zwei Kohlblättern durchmacht, benötigen viele auch nur sehr wenig Energie für die Fortbewegung. Schließlich kommen die meisten Insekten den größten Teil des Jahres ganz ohne Nahrung aus, sei es, daß Kälte ihren Stoffwechsel fast auf Null drosselt, sei es, daß sie als Ei oder Puppe längere Zeit ohnehin nichts fressen.

Ältere Raupen nutzen die Nahrung weniger gut aus als junge. Ihre Mundwerkzeuge sind größer geworden, und die Zerkleinerung der in immer größerer Menge benötigten Nahrung erfolgt weniger gründlich. Für große Säugetiere ist es vollends unmöglich, sämtliche Zellen der pflanzlichen Nahrung durch Zerkauen aufzureißen, und die einen wie die anderen sind auch nicht in der Lage, die hauptsächlich aus Zellulose bestehenden Zellwände zu verdauen.

Große Säuger können sich nur dadurch von pflanzlicher Grünmasse ernähren, daß sich Bakterien und tierische Einzeller in ihrem Darm angesiedelt haben, die die Zellulose zersetzen. Bei Wiederkäuern (Kamele, Gi-

raffen, Hirsche, Hornträger) entwickeln sich die Zelluloseersetzer in den Vormägen, aus denen die Nahrung noch einmal in das Maul zurück befördert wird, wo sie kauend nachzerkleinert und durchmischt wird. Darum kauen Wiederkäuer erst nach der Futteraufnahme und dann mehrere Stunden lang. Wird der Nahrungsbrei schließlich weitergeleitet, dienen die Verdauungshelfer ebenfalls als Nahrung und liefern dabei den größeren Teil des benötigten Eiweißes.

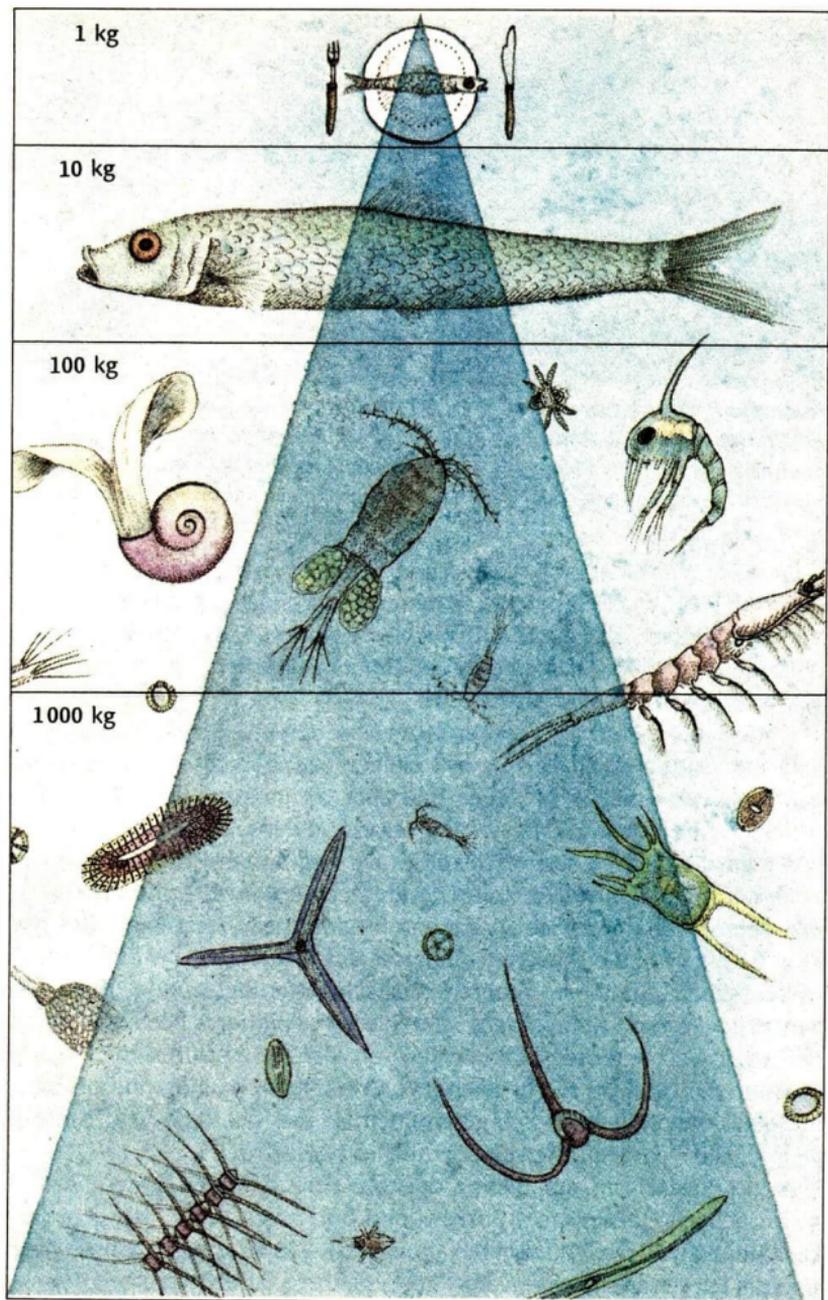
Bei den Einhufern liegt die Gärkammer, der mächtige, beim Pferd fast 40 Liter fassende Blinddarm, erst hinter dem Magen. Hier ist ein erneutes Hochwürgen und damit Wiederkauen der Nahrung unmöglich. Die Nahrung wird gleich bei der Nahrungsaufnahme gekaut.

Im Gegensatz zu den Insekten kann sich kaum ein Säugetier die Spezialisierung auf eine Pflanzenart oder -gattung leisten. Sie haben einfach nicht die Zeit, die von ihnen aufgrund ihrer Körpergröße benötigten Nahrungsmengen in kleinen Portionen zusammenzusuchen. Eine Ausnahme bildet der Koala, der sich fast ausschließlich von Eukalyptusblättern ernährt, und anscheinend auch das Dreifingerfaultier. Der Große Panda ernährt sich weitgehend von Bambus, doch weidet er im Zoo Gras, und in China wird er in Fallen gefangen, in denen Schaffleisch als Köder dient.

Eine gewisse Spezialisierung ist dagegen weit verbreitet. Zunächst kann man oft entweder von Laub- oder von Grasfressern sprechen. Beispielsweise sind Wisent und Waldbison Laubfresser, der Steppenbison ist Grasfresser. In Afrika frißt das Spitzmaulnashorn mit seiner greiffähigen Oberlippe Zweige und Blätter, das Breitmaulnashorn schneidet mit der hornigen Kante seiner breiten Unterlippe Gras ab. Vom Boden aus fressen ferner Giraffe, Elefant und Giraffengazelle Laub. Von den baumbewohnenden Blattfressern seien lediglich Faultiere und Schlankaffen erwähnt. Eine gewisse Spezialisierung unter den Grasfressern führt zu einer fast vollkommenen Nutzung der ostafrikanischen Steppen. Die Gnus fressen hier weitgehend das zuvor von Zebras gekürzte Gras, während Thomsongazellen die nach völligem Abweiden neu sprießenden Halme bevorzugen. Viele kleine Antilopen und das Reh äsen bald hier, bald dort, knabbern an besonders schmackhaften Trieben, vielleicht auch an Knospen, oder sie suchen beim Weiden bestimmte Kräuter aus. Sie sind Feinschmecker, die die Abwechslung lieben.

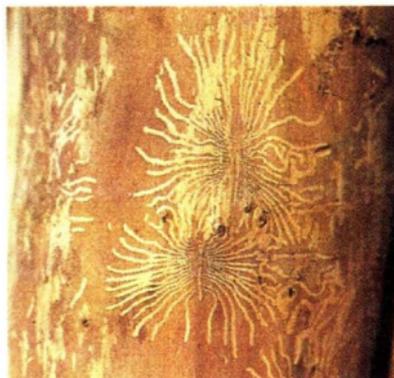
---

*Vielfältige Nahrungsketten und -netze führen von zahlreichen kleinen zu wenigen großen Organismen. Eine bescheidene Fischportion von 100 g auf unserem Teller geht auf etwa 10 kg kleinster Lebewesen in der untersten Stufe der Nahrungspyramide zurück.*





*In der durch eine Kotspur verdeutlichten Gangmine eines Rosenblättchens hat sich eine Kleinschmetterlingsraupe entwickelt.*



*Brutbilder des Großen Ulmensplintkäfers mit senkrechtem Muttergang und davon ausgehenden Gängen, die die Larven fraßen.*

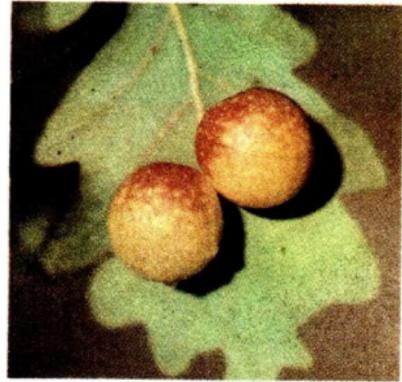
In einer Liste der von heimischen Wildtierarten gefressenen Pflanzenarten steht das Reh mit 108 Arten an erster Stelle. Man bezeichnet es als „Selektierer“, das heißt „Auswähler“; während der Rothirsch eher „Massenfresser“ ist. Damit hängt zusammen, daß Rehe in Gehegen viel schwerer zu halten sind als Hirsche.

Anders als bei den Säugetieren gibt es bei den Insekten eine große Anzahl von Spezialisten, die nur von einigen wenigen Pflanzenarten oder gar von einer einzigen Art leben und eher verhungern, als daß sie eine andere Kost aufnehmen. Deswegen verarmt die Insektenwelt so schnell, wenn an die Stelle eines Mischwaldes ein Reinbestand tritt oder in der Ackerlandschaft keine Wildkräuter geduldet werden. Oft sind die einzelnen Arten zudem noch auf bestimmte Pflanzenteile festgelegt. Das gilt zum Beispiel für die Minierer, die unter der Oberfläche im Pflanzengewebe fressen. Zu ihnen gehören Kleinschmetterlingsraupen, Blattwespen-, Fliegen- und Käferlarven, sie minieren in Blättern. Die einen legen sich stetig verbreiternde „Gangminen“ an, die anderen fressen „Plätze“. So dünn ein Blatt ist, hat es doch mehrere Zellstockwerke, und oft wird nur eines davon in Anspruch genommen, so daß die Mine bald von der Ober-, bald von der Unterseite deutlicher hervortritt.

In der Bastschicht der Bäume oder im Holz minieren andere Arten, hauptsächlich Holzwespen, Borken- und Bockkäfer, wobei bei den Borkenkäfern auch die Vollinsekten (Imagines) Minen anlegen, sonst aber sind die Larven die Minierer. Bockkäfer gehören zu den wenigen Tieren,



*Manche Gallwespen kann man schon vor Laubausbruch im März bei der Eiablage beobachten.*



*Solche bunten Farben wie bei diesen Galläpfeln können nur die Gällerreger den Eichen entlocken.*

die in der Lage sind, Zellulose mit eigenen Fermenten aufzuschließen. Holzwespenlarven können nur Holz verdauen, das von Pilzen durchzogen ist, mit denen das Muttertier das Holz geimpft hat. Die im Innern des Holzes lebenden Borkenkäferlarven ernähren sich sogar ausschließlich von einer solchen Pilzkultur.

Besonders interessante Spezialisten sind die Gallenerreger. Gallen sind immer noch rätselhafte Bildungen der Pflanzen, die oft an Früchte erinnern und nicht selten Farben tragen, die sonst bei ihrem Wirt nicht vorkommen. Wie fein die Pflanze auf die „chemischen Befehle“ der Erreger reagiert, zeigt sich gelegentlich daran, daß an einem Blatt unmittelbar nebeneinander ganz unterschiedliche Gallen entstehen. Das läßt sich leicht an Eichen beobachten. An diesen gibt es allein etwa 100 verschiedene Gallen, die nur auf Gallwespen zurückgehen, während Gallen von anderen Erregern wie Gallmilben, Gallmücken, Blattläusen und Blattwespen an Eichen nicht häufig sind.

Manche Eichengallen sind holzig, manche steinhart. Beim gewöhnlichen Galläpfeln ist eine zentrale Larvenkammer von einer schwammigen Schutzschicht umhüllt. Diese wird wegen ihres hohen Gerbstoffgehaltes von Pflanzenfressern gemieden und kann nur von winzigen Parasiten durchbohrt werden. Im Herbst liegt im Innern der Galle die Puppe. In der Annahme, daß die Galle jetzt ausgefressen sein müßte, sieht man sich beim Anschneiden getäuscht, denn die Eiche hat laufend die die Larvenkammer auskleidenden Zellen erneuert, und die Larve brauchte diese



*An diesen Eichenblättern gibt es zwei Gallenarten. Von den becherförmigen Linsengallen sind es mehrere hundert.*



*Einige der bis 3 mm großen Gallen aus der Nähe betrachtet. Sie können im Herbst in Massen – wie verstreutes Konfetti – am Waldboden liegen.*

Zellen nur auszuschlüpfen. Das Gallinsekt hat also eine Reihe von Vorteilen, zu denen auch der Schutz vor Witterungsunbilden gehört, den auch alle minierenden Insekten genießen.

Welchen Nutzen hat nun aber die Pflanze von ihren „Dienstleistungen“? Wie ist die Entstehung dieser scheinbar so einseitigen Gallenerreger begünstigenden Partnerschaft zu erklären? Die Antwort fällt kümmerlich aus, denn die Galle bildet zugleich ein Gefängnis, der Insasse kann an anderer Stelle keinen größeren Schaden anrichten. Aber sicher ist das nicht die ganze Wahrheit.

Zu Pflanzensaftsaugern, die die Gewebe anstechen, wurden ausschließlich kleine Tiere: außer Milben vor allem Insekten, deren Mundwerkzeuge zu Rüsseln umgebildet sind. Pflanzensaft ist aber auch keine ideale Nährlösung. Er ist so arm an den für den Aufbau von Eiweiß benötigten Stickstoffverbindungen, daß die Säftesauger übermäßig viel Flüssigkeit, und damit zugleich ein Übermaß an Zucker aufnehmen müssen. Sie scheiden daher Zuckerwasser aus, und so kommt es, daß unter Bäumen parkende Autos gelegentlich von einer zuckergußähnlichen Schicht überzogen sind. So unerwünscht diese Schicht dort ist, so nützlich kann sie werden – im allgemeinen spielen die schönfärberisch als Honigtau bezeichneten Exkremente von Blatt- und Schildläusen sowie Blattflöhen eine geradezu unentbehrliche Rolle in der Ernährung vieler Insekten, von denen nur Ameisen und Schlupfwespen als Beispiele genannt seien. Auch die Bienen tragen sie gerne ein, und „Waldhonig“, der

auf den Kot von Blatt- oder Schildläusen an Nadelbäumen zurückgeht, ist sehr geschätzt. Treten Pflanzensaftsauger in großer Anzahl auf, schädigen sie ihre Wirte. Viele Blattläuse sind zudem Überträger wirtschaftlich bedeutsamer Viruskrankheiten, zum Beispiel an Kartoffeln und Rüben.

## *Von Tier zu Tier: Räuber und Parasiten*

Mit der Nutzung des Honigtaus wurde bereits die erste Stufe der Nahrungspyramide – Aufnahme pflanzlicher Nahrung – verlassen und eine zweite Stufe erreicht. Der Hauptstrom von Biomasse und Energie der Pflanzenfresser geht jedoch in Räuber und Parasiten über, die in ihrer Gesamtheit zwar bedeutend weniger, aber dafür hochwertige Nahrung nutzen. Wohl jeder glaubt zu wissen, was unter diesen beiden Begriffen zu verstehen ist. Das Wiesel, das eine Maus frißt, ist ein Räuber, und wenn die Maus einen Bandwurm hat, ist das ein Parasit. Räuber benötigen in ihrem Leben zahlreiche Beutetiere, die fast immer kleiner sind als sie selbst. Ein Parasit lebt dagegen im typischen Fall in einem Wirt, der größer ist und im allgemeinen nicht abgetötet wird.

Aber so einfach ist die Sache gar nicht immer. Da sind noch die Blutsauger, die von einem Wirt zum anderen überwechseln, und Schlupfwespen und Raupenfliegen, die ihre Wirte abtöten, werden auch als Parasiten bezeichnet, obwohl man in ihrem Fall auch von Raubparasiten oder Parasitoiden spricht. Die Definition vernachlässigt ferner, daß man Tiere, deren Beute sehr viel kleiner ist als sie selbst, meist nicht als Räuber ansieht. Das gilt etwa für insektenfressende Wirbeltiere, krillfressende Wale und Muscheln, die im Wasser schwebende tierische Reste ausfiltern.

Über Raubparasiten wird in einem anderen Kapitel bei der gedachten Gartenexkursion (s. S. 99) noch ausführlich berichtet.

Da Raub im menschlichen Bereich eine kriminelle Handlung ist, werden heute an die Stelle der Begriffe Raubvögel und Raubtiere die Bezeichnungen Greifvögel und Beutegreifer gesetzt, um alte Vorurteile gegen diese Tiere abzubauen, die in der Natur eine so wichtige Rolle spielen.

Eine gewisse Berechtigung besteht schon, den Begriff Räuber nicht allzu weit zu fassen, denn es ist ein großer Unterschied, ob es gilt, an Kraft und Schnelligkeit einigermaßen ebenbürtige und mit vergleichbaren Sinnesorganen ausgestattete Beutetiere aufzuspüren, zu fangen und

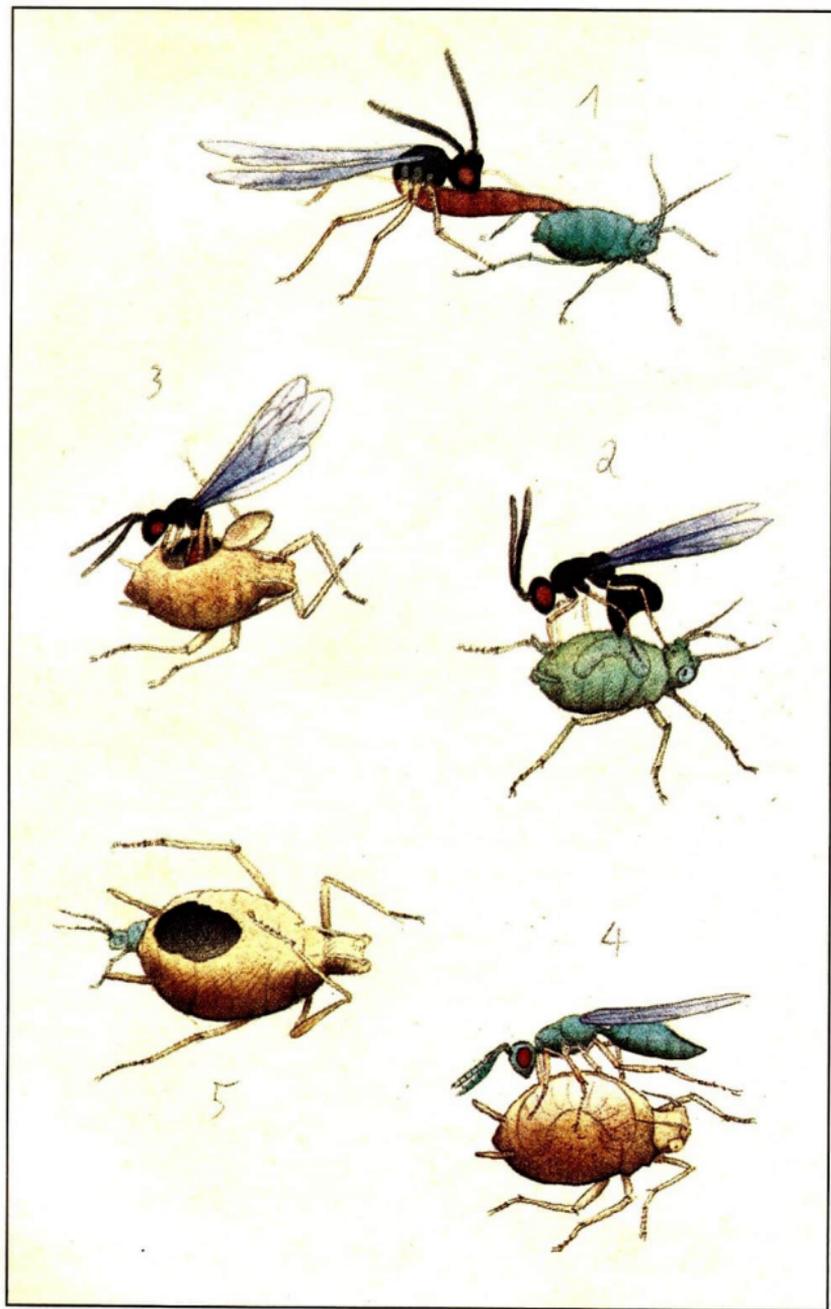
zu überwältigen, oder ob es genügt, die Nahrung herbeizustrudeln beziehungsweise im rechten Augenblick das Maul aufzureißen. Letzteres bezieht sich auf die krillfressenden Bartenwale, die wohl nicht zufällig eine bedeutendere Größe erreicht haben als die Zahnwale, die Raubtiere im engeren Sinne sind: Bartenwale beuten vor allem die untersten Stufen der Nahrungspyramide aus, Zahnwale das wesentlich schwächere Angebot des 3. und 4. Stockwerkes.

Auf dem Lande gibt es keine Ansammlungen von Kleintieren, die den riesigen Krillwolken vergleichbar sind. Daher bleiben die Kleintierfresser hier viel kleiner, zumal sie ihr Körpergewicht selbst tragen müssen. In den Tropen jedoch lassen sich Ameisen und Termiten in so riesiger Menge erbeuten, daß einige darauf spezialisierte Ameisenfresser dort wesentlich größer werden als Arten, die ihre Beutetiere einzeln fangen. Die geringere Größe von Tieren, die ihre Beute einzeln fangen, wird zum Beispiel bei den Eidechsen deutlich, deren größte Arten zu Wirbeltier- und Aasfressern wie die Warane oder zu Pflanzenfressern wie der Grüne Leguan gehören. Die größten Fledermäuse jagen nicht Insekten, wie alle heimischen Arten, sondern andere Fledermäuse, Fische oder Frösche, falls sie nicht Fruchtfresser sind.

Auf staatenbildende Insekten als Hauptnahrung sind Ameisenbären, Erdferkel, Schuppentiere und Schnabeligel spezialisiert. Sie alle haben verlängerte Köpfe und weit vorstreckbare Zungen, an denen die Insekten kleben bleiben, sowie starke Krallen an den Füßen. Die Zähne sind weitgehend rückgebildet. Anscheinend haben die Tiere nach dem Aufbrechen eines Nestes keine Zeit zum Kauen. Vor allem gilt es, die wehrhaften Ameisen schnell abzuschlucken und durch Magensaft außer Gefecht zu setzen. Bei Ameisenbären und Schuppentieren sind Kaumägen ausgebildet, in denen die Zerkleinerung der Beute nachgeholt wird.

Die eigentlichen Beutegreifer überlisten und töten ihre Beute in ganz unterschiedlicher Weise. Im Folgenden soll am Beispiel der landlebenden

- 
1. Zur Eiablage sticht eine schlanke Blattlausschlupfwespe eine Blattlaus an.
  2. Belegt eine kleine Gallwespe eine Blattlaus, hat sie darin eine noch winzige Parasitenlarve festgestellt.
  3. Nach Abschluß der Entwicklung verläßt eine Wespe die Blattlausmumie.
  4. Ebenso wie sie ist die Erzwespe ein Sekundärparasit, doch greift diese erst eingesponnene Larven in den Mumien an.
  5. Ein unregelmäßig genagtes Schlupfloch läßt erkennen, daß sich hier ein Sekundärparasit entwickelt hat.





*Zwei Löwinnen beobachten ihre Beutetiere.*

Arten über einige allgemeine Gesichtspunkte und die ökologische Bedeutung der räuberischen Lebensweise berichtet werden.

Beutegreifer überwältigen nur ausnahmsweise Beutetiere, die größer sind als sie selbst, sie bleiben kleiner als die größten Pflanzenfresser (Elefanten, Nashörner, Flußpferde), die ihnen allenfalls als Jungtiere zum Opfer fallen. Das dürfte verschiedene Ursachen haben. Eine davon mag sein, daß mit der Größe Beweglichkeit und Behendigkeit abnehmen, darum können die großen Pflanzenfresser keine Sprünge mehr machen.

Geht es um Geschwindigkeiten, lassen sich Sprinter und Dauerläufer unterscheiden. Man findet das unschwer bei der Begegnung von Katzen und katzenfeindlichen Hunden bestätigt. Meist hat die Katze keine allzu große Schwierigkeit, sich auf einem Baum oder einem anderen erhöhten Punkt in Sicherheit zu bringen. Im Augenblick ist sie schneller als der Hund, aber auf eine längere Verfolgung dürfte sie sich nicht einlassen. Wölfe können stundenlang einem Beutetier folgen, Großkatzen müssen meist nach kaum mehr als 100 m aufgeben.

Die Jagd auf ständig fluchtbereite und mit scharfen Sinnen sichernde Huftiere erfordert ein gewisses Maß an Vorsicht, insbesondere dann, wenn es sich um eine Gemeinschaftsjagd handelt, bei der die Beteiligten die Beute umzingeln, einander zutreiben und sich bei der Verfolgung manchmal ablösen. Nicht selten fragt sich der menschliche Beobachter, wie das ohne Verabredung möglich ist. Beispielsweise gehören Beutegreifer zu den intelligentesten Tieren, ohne aber die Spitzenleistungen der Menschenaffen zu erreichen.

Leicht verständlich ist, daß man seit eh und je glaubte, die Dichte von Beutetierpopulationen hänge von der Anzahl der Beutegreifer ab. Des-

halb hat man die Beutegreifer immer wieder verfolgt, um den Bestand an Jagdwild anzuheben. Im allgemeinen geht es aber gerade anders herum: Für die einen wie für die anderen ist die Ernährungsbasis für Sterblichkeit und Fortpflanzungserfolg maßgeblich, und damit ist der Bestand an Beutegreifern von dem ihrer Beutetiere abhängig.

Mehr als einmal hat man durch übermäßigen Abschluß der Beutegreifer gerade das Gegenteil des Beabsichtigten erreicht. Zwar stieg die Anzahl der Pflanzenfresser zunächst an, aber nach einiger Zeit ungehemmter Vermehrung lebten so viele Individuen in dem Lebensraum, daß sie diesen weitgehend zerstörten. Schließlich konnte darin nur eine wesentlich geringere Anzahl Tiere leben als zuvor. Man denke daran, wie schwer es heute trotz Wildabschlusses in manchen Revieren gelingt, aus gesamten Jungwuchs der Bäume heranzuziehen.

Es ist allerdings auch möglich, daß sich die Beutegreifer auf Kosten eines Beutetieres stark vermehren und zu einer Gefahr für andere Arten werden, wenn die bevorzugte Beutetierart nicht mehr verfügbar ist. Dazu kommt es beispielsweise regelmäßig nach den bekannten „Bevölkerungsexplosionen“ von Feldmäusen und Lemmings, denen ein katastrophaler Zusammenbruch folgt, wenn Nahrung und Aktionsraum knapp werden.

In Filmen aus ostafrikanischen Steppen sieht man oft, wie Geparden oder Löwen vor einem Angriff lange Ausschau auf eine Huftierherde halten. Wenn diese erst zu flüchten beginnt, haben sie kaum Aussicht auf Erfolg, sofern sie sich nicht auf ein bestimmtes Tier konzentrieren oder kranke Individuen jagen. Dadurch, daß sie kranke und nicht mehr voll leistungsfähige Tiere herausfinden, tragen sie dazu bei, daß es selbst bei wildlebenden Herdentieren im Gegensatz zu Haustieren nur sehr selten zum Ausbruch von Seuchen kommt.

Beutegreifer bewirken, daß kaum ein Vertreter der von ihnen bejagten Arten wesentlich über das Ende seiner Fortpflanzungsfähigkeit hinaus lebt, so daß auf diese Weise alte Tiere den jungen und lebenskräftigen keine Konkurrenz machen. Auf lange Sicht spielen somit Beutegreifer auch als Auslesefaktoren eine wichtige Rolle. Wer sonst hätte ihren Beutetieren die Schnelligkeit, die Schärfe ihrer Sinnesorgane und überhaupt die körperliche Verfassung, die sich in allen Lebenslagen bewährt, „angezüchtet“, wenn nicht Beutegreifer und Greifvögel?

## Pflanzen als Fallensteller

In allen Nahrungsketten nehmen Pflanzen als die Produzenten der Biomasse den ersten Platz ein, immer sind sie es, die gefressen werden. Aber gibt es nicht von jeder Regel eine Ausnahme? Sehen wir uns einmal in einem Hochmoor um.

Torfmoos und Goldenes Frauenhaar bilden hohe Bulte, überzogen von Ranken der Moosbeeren; in den nassen Schlenken stehen Schlangenzwurz und Seggen, weithin leuchten die weißen Schöpfe des Wollgrases. Dazwischen ist auch der Sonnentau zu finden, eine geschützte Pflanze unserer Heimat. Seine Blätter sind dicht mit karminroten Drüsenhaaren besetzt, die glitzernde Sekrettröpfchen tragen. Die Pflanze sieht aus, als wäre sie über und über mit winzigen Tautropfen bedeckt, sie erhielt danach ihren Namen. Die Tropfen bestehen aus zähem, klebrigem Schleim, an dem kleine Insekten kleben bleiben. Mit ein wenig Geduld kann man das im Moor selbst beobachten, ohne die Pflanzen zu beschädigen. Die funkelnden Tropfen locken Fliegen und Mücken an, die auf dem Blatt landen und an dem Sekret festkleben. Wie Fangarme bewegen sich nun die Drüsenhaare, hüllen das Insekt ein und transportieren es zur Blattmitte. Hier sitzen Verdauungsdrüsen, deren Sekrete die Eiweiße des Insektenkörpers auflösen. Die Blattspreite vertieft sich und rollt sich langsam ein, so daß die Verdauungsflüssigkeit nicht wegfließt.



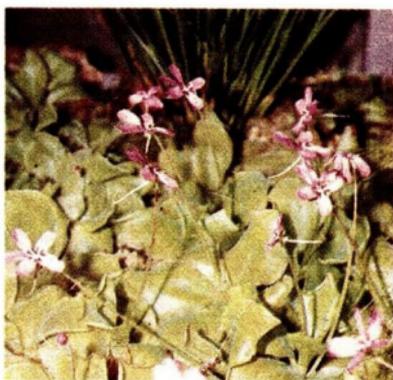
*Fütterung von Sonnentau.* Sonnentau läßt sich auch mit Fasern von rohem Fleisch oder mit Käsebröckchen füttern. Um den Ablauf der Reaktion beobachten zu können, muß man allerdings etwas Geduld aufbringen. Bietet man den Drüsenhaaren aber Brotkrümel oder gar Sandkörner an, ist keine Bewegung zu beobachten.

Der Sonnentau gehört zu den insektenfressenden Pflanzen, von denen es etwa 450 Arten auf der Erde gibt. Sie wachsen meist in Sümpfen und Mooren, deren Boden besonders arm an stickstoffhaltigen Nährsalzen ist. Diesen Mangel gleichen die Pflanzen aus, indem sie tierisches Eiweiß erbeuten und verdauen. So nehmen sie in der Nahrungskette eine Sonderstellung ein und sind nicht nur Produzenten, sondern gleichzeitig auch Konsumenten, einem tierischen „Räuber“ vergleichbar. Ihre Fallen sind die Blätter, die bei den einzelnen Arten in unterschiedlicher Weise an den Fang angepaßt sind.

Die Blätter des Sonnentaus wirken als Kleb- oder Leimfalle. Sie sind für Insekten ein gefährlicher Landeplatz. Meist wachsen die Pflanzen in



*Die Blattrosetten des Sonnentaus sind dicht besetzt mit roten Drüsenhaaren.*



*Das Fettkraut erhielt seinen Namen nach den glänzenden Blättern.*

dichten Beständen, so daß Fliegen, auch Falter, ja sogar Libellen gefangen werden. Die Tiere kriechen zwar anfangs noch von Pflanze zu Pflanze, ermatten aber schließlich und erliegen den Verdauungssekreten. In Portugal wächst ein naher Verwandter des Sonnentaus, das Taublatt. Seine 30 cm langen Blätter eignen sich so gut zum Fliegenfang, daß man die Pflanzen in den Wohnungen hält und als lebenden Fliegenfänger verwendet.

Klebfallen sind auch die Blätter des heimischen Fettkrauts. Es wächst auf feuchten Wiesen, vor allem im Gebirge, und ist an seinen blaßgrünen Rosetten leicht zu erkennen. Die Blätter glänzen fettig und tragen auf der Oberseite zwei Arten von Drüsen, die man unter dem Mikroskop unterscheiden kann: Manche sind gestielt und tragen 16zellige Köpfe, sie sondern zähen Schleim ab und wirken als Fangorgane. Andere sind ungestielt und 8zellig, es sind Verdauungsdrüsen, die eiweißspaltende Enzyme abgeben. Das Fettkraut fängt nur kleine Insekten, etwa bis zur Blattlausgröße. Die Blattränder rollen sich etwas ein, was zwar nicht den Fang erleichtert, aber das Abfließen der Verdauungsflüssigkeit verhindert.

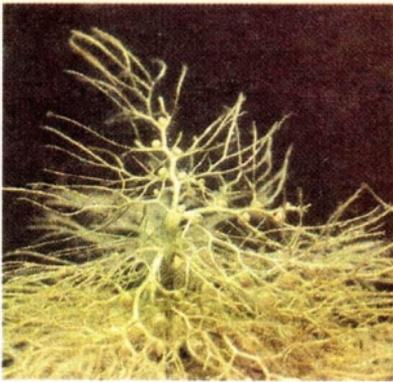
Ein anderes Fangprinzip ist bei den Schlauch- und Kannenpflanzen zu beobachten. Ihre Blätter sind als schlauchartige Fallgruben ausgebildet und werden deshalb als Gruben- oder Gleitfallen bezeichnet. In Europa können wir sie nur in Gewächshäusern der Botanischen Gärten beobachten. Die Kannenpflanze ist mit 70 Arten in Asien, Australien und auf Madagaskar zu Hause. Ihre Blattfläche ist zu einer auffällig gefärbten Kanne

umgebildet, die an einem rankenartigen Stiel hängt und sich mit einem Deckel öffnet. Die nach innen gerichtete Blattoberseite gibt Wasser, Enzyme und Säuren ab, die sich am Grunde der Kanne sammeln. Diese Flüssigkeit ist trinkbar und wird von durstigen Tropenreisenden als Erfrischung geschätzt. Um die Öffnung trägt die Kanne einen ringförmigen roten Randwulst, der durch seine Farbe und die Absonderung von Zuckersaft die Insekten anlockt. Wulst und Innenwand der Kanne sind mit Wachsplättchen bedeckt und so glatt, daß die nektarnaschenden Insekten leicht abrutschen und in die Kanne fallen. Reusenhaare und das Wasser in der Falle verhindern ein Entkommen. Eine gefangene Mücke wird in fünf bis acht Stunden verdaut, eine große Fliege in zwei Tagen.

Noch wirksamere Fallgruben zum Fangen von Nahrungstieren bildet die Kobrapflanze. Ihre Schlauchblätter sind mit einer Kuppel verschlossen und enden in zwei langen Zungen, so daß sie tatsächlich einer aufgerichteten Schlange ähnlich sehen. Nektardrüsen an Zungen und Kragen locken die Insekten in das Blatt. Helle, durchscheinende Bezirke in der Kuppel täuschen Ausgänge vor und leiten die Insekten in die Irre, so daß sie schließlich abstürzen und ertrinken.

Eine Sonderform der Grubenfalle ist die Reusenfalle. Die Blätter des Papageien-Schlauchblatts zum Beispiel tragen auf der Innenseite nach unten gerichtete Reusenhaare. Sie erlauben den Insekten nur ein Hineinkriechen in das Blatt, aber es gibt kein Entkommen mehr, auch sie werden im Innern des Schlauches verdaut.

Echte Lauerjäger sind Wasser- und Venusfliegenfalle, deren hochspezialisierte Blätter kleine Tiere wie in einer Klappfalle fangen. Die heimische Wasserfalle ist sehr selten und hat winzige Blätter, für Beobachtungen und Experimente eignet sich die Venusfliegenfalle besser. Sie ist in den Mooren Nordamerikas zu Hause und wird in vielen Botanischen Gärten kultiviert. Die Blätter bestehen aus einem grünen, geflügelten Stielteil und einer zweiklappigen, rosa gefärbten Spreite. Jeder Klappenteil ist am Rande kammartig gezähnt und trägt auf der Fläche 3 bis 4 Sinnesborsten. Ein Gelenk verbindet die Klappenhälften beweglich miteinander. Im hungrigen Zustand sind sie in einem stumpfen Winkel geöffnet. Die rosa Färbung und der Nektarduft locken Fliegen an. Berührt eine Fliege mindestens zwei Sinnesborsten, klappen die beiden Blatthälften blitzschnell zusammen, die Randzähne greifen ineinander, und die Beute ist gefangen. Die Bewegung dieser Falle ist eine der schnellsten im ganzen Pflanzenreich. Nur 0,05 Sekunden dauert das Zusammenklappen. Es funktioniert bei jedem Berührungszreiz der Sinnesborsten, kann also im Versuch auch mit einer Nadel ausgelöst werden. Wird nur eine Sinnes-



*Die fadenförmigen Blätter des Wasserschlauchs tragen für Wasserflöhe gefährliche Fangblasen.*

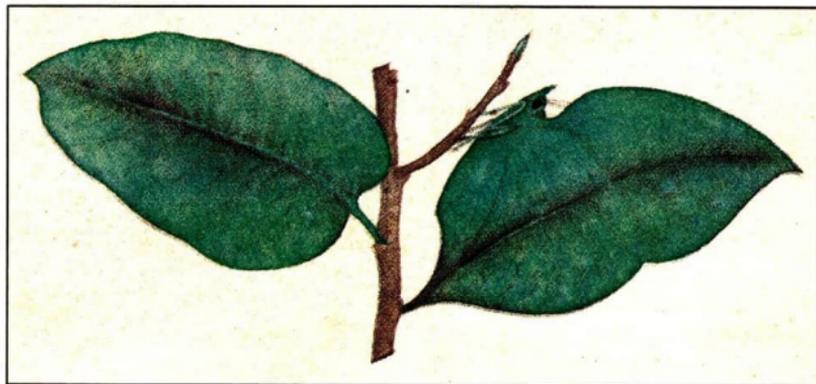
borste gereizt, bleibt die Falle geöffnet, ein Sicherheitssystem, das vor einer Reaktion bei zufälliger Berührung schützt.

Die Bewegung beruht auf der schlagartigen Senkung des Zellinnendrucks an der Oberseite der Gelenke. Etwa eine Woche dauert es, bis die Fliege verdaut ist. Dann öffnet sich das Blatt wieder und kann noch ein zweites Mal als Insektenfalle reagieren.

Während die Venusfliegenfalle also wie eine gespannte Mausefalle arbeitet, wirkt beim Wasserschlauch das Prinzip der Falltür. Er kommt mit mehreren Arten bei uns vor und gehört trotz äußerlicher Unterschiede zur gleichen Familie wie das Fettkraut. Untergetaucht und wurzellos wächst er in nährstoffarmen Gewässern. Nur die großen gelben Rachenblüten über der Wasseroberfläche zeigen sein Vorkommen an. Die Blätter sind zerschlitzt und tragen haarfeine Zipfel mit Fangblasen in ihren Achseln.

Bereits mit einer Lupe kann man solche Fangblasen beim Wasserschlauch betrachten. An den zwei Millimeter bis vier Millimeter großen Blasen ist ein beweglicher Deckel ausgebildet, in seiner Nähe stehen mehrere Borsten, die süßen Schleim absondern. Wasserflöhe, Hüpferlinge und Mückenlarven werden durch den Schleim angelockt und stoßen an die Borsten. In der Blase herrscht ein Unterdruck, der Deckel klappt bei Reizung nach innen, und die Beute wird mit dem Wasser eingesogen. Dann wird die Saugfalle durch den Deckel sofort wieder verschlossen. Die gefangenen Tiere sterben in der Blase und werden wahrscheinlich durch Bakterien zersetzt. Besondere Zellen nehmen die Nährstoffe auf, die so zur Ernährung des Wasserschlauchs beitragen.

## Schutz und Trutz



### *Auf Abwehr eingestellt*

In der ungestörten Natur herrscht ein Gleichgewicht zwischen Räubern und Beute, zwischen Pflanzen und Pflanzenfressern, zwischen Produzenten und Konsumenten. Nur so können Nahrungsketten funktionieren, nur so ist gesichert, daß eine Tierart nicht ihre Futterpflanze ausrottet und sich damit sozusagen selbst zum Verhungern verurteilt.

Ein „Gegengewicht“ gegen die Gefahr der Ausrrottung ist für viele Lebewesen ihre reiche Vermehrung. Eine einzige Beifußpflanze beispielsweise kann im Jahr 50 000 Früchte hervorbringen; in einer Kapsel der Orchidee *Cattleya* hat man zwei Millionen Samen gezählt, und der Riesenbovist, ein bis zu 50 cm breiter Bauchpilz, bildet sogar fünf bis sechs Billionen Sporen, die aneinandergereiht halb um den Erdball reichen würden. Ähnliche Beispiele gibt es im Tierreich: Ein Glied des Rinderfinnen-Bandwurms enthält etwa 80 000 Eier; ein Heringsweibchen legt 30 000 Eier und ein Stör ein bis zwei Millionen. Und wenn noch so viele Samen, Jungpflanzen, Eier und Larven gefressen werden, einige entgehen den Feinden doch, entwickeln sich und erhalten die Art.

Viele Pflanzen und wirbellose Tiere, wie Polypen und Würmer, können verlorene Teile wieder ersetzen: sie regenerieren. Von Wiesenpflanzen ist das jedem bekannt, trotz Beweidung und Mahd wachsen sie immer wieder nach.

Tiere haben mehr Möglichkeiten, sich vor Feinden zu schützen, als Pflanzen. Einige flüchten vor Raubtieren, die dadurch oft nur die Kran-

ken und Schwachen erlegen können und damit eine natürliche Auslese betreiben. Andere Tiere und auch verschiedene Pflanzen tarnen oder verstecken sich. Die Lebenden Steine (Kakteen, siehe S. 24), viele Insekten, verschiedene Wüsten- und Tundratiere sind ihrer Umgebung farblich sehr gut angepaßt.

Aber kein Schutz ist vollkommen. Tarnfärbung hilft zum Beispiel nicht gegen Nasentiere, die ihre Beute am Geruch aufspüren, oder gegen Fledermäuse, die sie mit Ultraschall orten.

Verschiedene Pflanzen und Tiere haben eigene Abwehrwaffen entwickelt: Stacheln, Nesselzellen und Gifte schützen sie wirkungsvoll vor Feinden. Beim Versuch, einen Igel aufzurollen oder eine Opuntienhecke zu roden, kann man sich davon überzeugen. Doch auch solche wehrhaften Lebewesen haben ihre spezifischen Feinde: Blattläuse saugen an Dornenpflanzen; Nacktschnecken fressen an giftigen Fliegenpilzen, und sogar der Sonnentau, der selbst Insekten fängt und verdaut, hat seinen Freßfeind – die Raupen einer Federmotte verzehren unbeschadet seine Blätter und Tentakel.

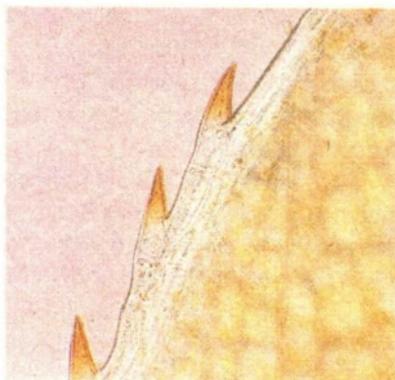
## *Pflanzen sind nicht wehrlos*

Wer schon einmal Brennesseln gepflückt hat, wird bestätigen: Auch Pflanzen sind nicht wehrlos. An einigen Arten können sich Angreifer ernsthaft verletzen, ja sie können sogar von ihnen getötet werden. Daß man um Giftschlangen, Skorpione und Taranteln einen Bogen macht, ist selbstverständlich. Wie jedoch Pflanzen vor Feinden geschützt sind, ist meist weniger bekannt.

Je spärlicher die Pflanzenwelt eines Gebietes ist, um so größer ist die Gefahr für das einzelne Individuum, abgefressen zu werden. Durch die Weidetiere erfolgt dabei unbewußt eine strenge Auslese. Saftige, stachellose Pflanzen werden bevorzugt gefressen, ihre Samen können deshalb nur selten ausreifen und die Art vermehren. Pflanzen, die zufällig Stacheln oder Gifte gebildet haben, werden vom Vieh gemieden, sie überleben und pflanzen sich fort. Darum finden wir wehrhafte Pflanzen mit Dornen oder Stacheln besonders in Savannen, Wüsten und Halbwüsten. Die Dornsavanne hat nach ihnen ihren Namen erhalten. Blätter, Sprosse, ja sogar Wurzeln der Pflanzen dieser Gebiete sind häufig zu Dornen umgebildet. Manchmal tragen sie noch Widerhaken an der Spitze, die im Maul der Pflanzenfresser schmerzhaft Wunden erzeugen. Besonders dornig ist die Pflanzenfamilie der Kakteen, was sich verschiedene Wü-



*Paarweise stehen die Dornen am Blattgrund der Robinie.*



*Der Blattrand eines Sauergrases trägt scharfe Zähne wie ein Sägeblatt.*

stenbewohner zunutze machen. Der Kaktusfink der Galapagos-Inseln bricht einen Opuntiidorn ab, kürzt ihn auf die passende Länge und benutzt ihn, um Larven aus morschem Holz herauszupicken, wie das unsere heimischen Spechte mit ihrem Schnabel tun. Ein seltener Fall von Werkzeuggebrauch im Tierreich. Auch die Indianer verwendeten Kakteendornen: die Inkas stellten aus ihnen Nähnadeln her und die Mittelamerikaner Angelhaken.

Nicht immer sind Dornen und Stacheln groß und auffällig wie bei Weißdorn, Berberitze oder Rose. Manche Pflanzen haben Mikrosthacheln, die sie erfolgreich vor Blattläusen schützen. Bei anderen Pflanzen liegen die stechenden Nadeln im Inneren der Sprosse und Blätter. Es sind meist Kalziumoxalat-Kristalle, die als Nadelbündel in den Zellen liegen. Kauen die Tiere solche Blätter, dann bohren sich die Nadeln in die Schleimhäute und rufen ein unangenehmes Brennen hervor. Aronstabgewächse, Orchideen, Lilien und Nachtkerzen sind auf diese Weise geschützt. Schachtelhalme und verschiedene Gräser dagegen lagern Kieselsäure in die Zellen ein; sie werden vom Vieh gemieden. Kieselsäure ruft auch die Brüchigkeit der Brennhaare hervor, denen die Nesseln ihren Namen verdanken.



*Mikroskopisches Betrachten eines Brennhaares.* Am Stengel einer Brennnessel sind die Brennhaare schon mit bloßem Auge zu erkennen. Mit einer Pinzette wird vorsichtig ein Stück der Oberhaut des Stengels abgezogen und zur Betrachtung in einen Wassertropfen auf einem Objektträger gelegt. Das einzellige Haar gleicht einer

feinen Röhre, die an der Spitze von einem verkieselten Köpfchen verschlossen wird. Das Köpfchen ist spröde wie Glas und bricht bei der leisesten Berührung ab. Wir können das mit einer dünnen Nadel überprüfen. Durch die so geöffnete Kanüle fließt ein Gift, das aus drei verschiedenen Stoffen (Natriumformiat, Azetylcholin, Histamin) besteht, nach außen.

Berührt man Nesselpflanzen mit der bloßen Hand, bohren sich die Brennhaare in die Haut, und das ausfließende Gift ruft ein unangenehmes Brennen hervor.

Einige tropische Nesselpflanzen brennen so stark, daß man sie mit bloßen Händen überhaupt nicht anfassen kann. In Botanischen Gärten werden sie hinter Glas gehalten, und wenn die Gärtner mit ihnen arbeiten müssen, schützen sie sich durch dicke Handschuhe.

Am wirkungsvollsten „verteidigen“ sich die Pflanzen wahrscheinlich mit ihren unsichtbaren chemischen Waffen. In Afrika wächst eine Akazienart, die in besonderer Weise auf den Verbiß ihrer Blätter reagiert. Werden die Blätter angefressen, produziert die Pflanze in den verbleibenden Teilen einen spezifischen Abwehrstoff, der bei den Antilopen Verdauungsstörungen und Krämpfe auslöst. So werden die Feinde daran gehindert, die Sträucher völlig kahl zu fressen.

Auch auf den Menschen wirken viele Pflanzenstoffe giftig und lösen Krankheiten aus. Die Empfindlichkeit ist dabei sehr unterschiedlich. Manche Gärtner arbeiten zum Beispiel regelmäßig mit Primeln, ohne über Beschwerden zu klagen. Andere Menschen vertragen keine Primeln. Schon bei flüchtiger Berührung erkranken sie und bekommen Ausschlag und Fieber. Sie leiden an einer Allergie gegen das Drüsensekret bestimmter Primel-Arten.

Bei den meisten Giftpflanzen wirkt das Gift gegen viele verschiedene Tiere. Woran erkennt der Pflanzenfresser aber, ob eine Pflanze giftig ist? Für uns Menschen ist es leicht, sich vor einem Giftpilz zu schützen. Wir können das Wissen der Generationen vor uns nutzen und uns bei Pilzkennern und in Pilzbüchern Rat holen. Die Tiere sind auf Geruchs- und Geschmacksproben angewiesen. Einige Giftpflanzen verraten sich durch ihren auffallenden – und zumindest für den Menschen unangenehmen – Geruch, zum Beispiel Stechapfel, Bilsenkraut, Schierling, Osterluzei und Sadebaum. Andere Pflanzen schmecken widerlich und werden deshalb nach dem ersten Versuch von den Tieren gemieden.

Viele Pflanzengifte wurden von den Biochemikern analysiert, in ihrem Aufbau und in ihrer Wirkung erforscht. Dabei stellte sich heraus, daß es



*Das giftige Bilienkraut wächst auf Äckern und Schuttplätzen.*



*Lebensgefährlich sind die schwarzen Beeren der Tollkirsche.*

sehr unterschiedliche chemische Substanzen sind, die in den Pflanzen gebildet werden und als Abwehrmittel wirken. Es gibt unter ihnen Bitterstoffe und Gerbsäuren, Milchsäfte, Blausäure, Alkaloide und andere Verbindungen. Auch nahe verwandte Pflanzen wie der Wasserschierling und der Gefleckte Schierling produzieren chemisch völlig verschiedene Gifte. Für den Menschen gilt der Eisenhut als giftigste Pflanze Mitteleuropas, schon ein bis zwei Milligramm seines Giftes Aconitin sind tödlich. Der giftigste Pilz für uns ist der Grüne Knollenblätterpilz, den man nicht mit eßbaren Wulstlingen oder gar Champignons verwechseln darf.

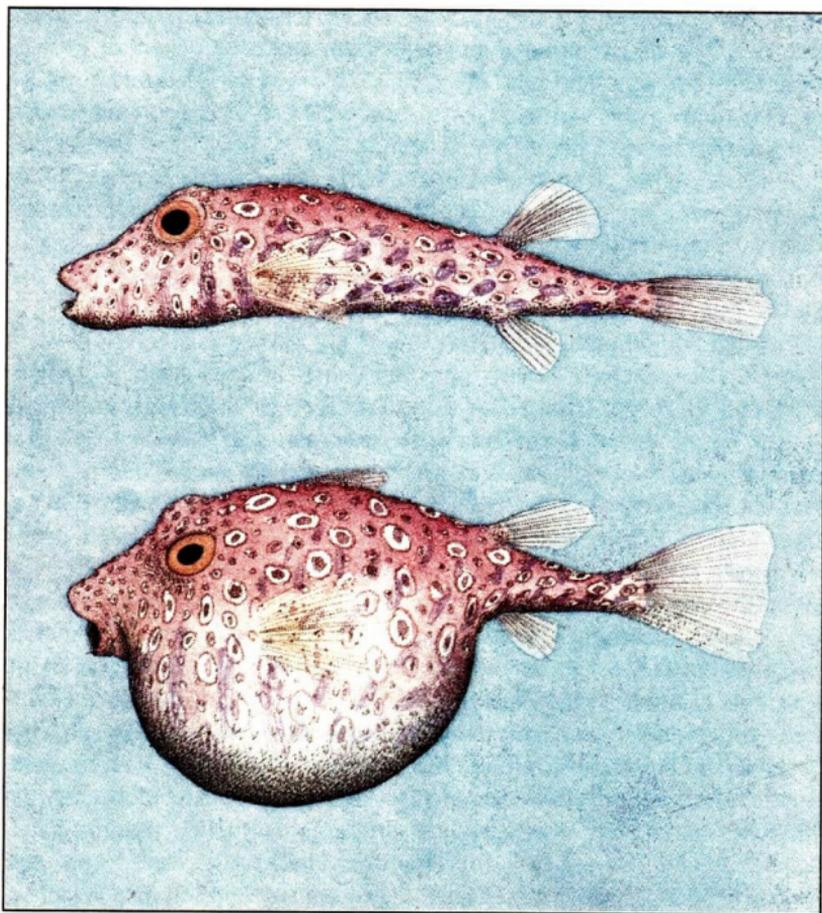
So giftig eine Pflanze aber auch ist, einen vollständigen Schutz vor Freßfeinden gibt es für sie nicht. Eine für den Menschen sehr giftige Pflanze unserer Heimat ist die Tollkirsche. Ihre kirschenähnlichen schwarzen Beeren werden gelegentlich von Kindern gegessen und können tödliche Wirkung haben. Trotzdem gibt es einen Käfer (mit dem wissenschaftlichen Namen *Epitrix*), der sich gerade auf die Tollkirsche spezialisiert hat und mit dafür sorgt, daß auch diese Giftpflanze „nicht in den Himmel wächst“.

## *Stacheln und Gifte im Tierreich*

Stacheln und Gifte, die so viele Pflanzen vor Fraßschäden schützen, sind auch Bestandteil des viel umfangreicheren Arsenal tierischer Abwehrwaffen, zu denen sogar elektrische Organe gehören, die es in mehreren Fischfamilien gibt.

Nicht immer bringen Stacheln, um die es zunächst geht, nur eine Verletzungsgefahr für einen Angreifer, manchmal schützen sie ihren Träger eher dadurch, daß er durch sie zu sperrig wird.

Dafür bieten manche Meeresschnecken ein gutes Beispiel, die von den schneckenhausknackenden Fischen nach Heranwachsen der Schnecken schließlich einfach nicht mehr ins Maul genommen werden können, auch wenn sie das unbestachelte Gehäuse bewältigen könnten. Namen wie Stachelhaie, Stachelheringe, Stachelmakrelen und Stachelwelse, denen man weitere mit Stacheln oder Dornen zusammengesetzte Namen anrei-



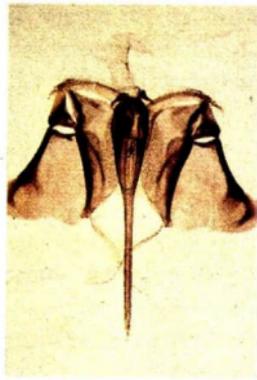
*Pumpt sich ein Kugelfisch auf, ist er für viele Raubfische einfach zu groß. Der nahe verwandte Igel-fisch stellt bei dieser Gelegenheit noch spitze Stacheln auf.*

hen könnte, sprechen für die Bedeutung einer Bestachelung bei den Fischen. Die meisten Stacheln sind hier aus Flossenstrahlen hervorgegangen. Eine bescheidene Ausführung dieser „Waffen“ tragen die Stachelinge auf dem Rücken. Ringsum sind dagegen die Igelartige bewehrt, bei deren größeren Arten richten sich die Stacheln erst auf, wenn sich die Tiere durch Wasserschlucken zu einer kaum noch angreifbaren Kugel aufpumpen. Im Südseeraum wurden früher Helme aus Igelartige angefertigt.

Bei den Seeigeln sind die Prinzipien Verletzungsgefahr und Sperrigkeit nicht immer kombiniert. Neben Arten mit kurzen und spitzen Stacheln gibt es solche mit sehr langen, aber stumpfen, die zugleich deutlich machen, wieviel Material in der Rüstung der Tiere steckt. Ein stachelstarrtes Tier ist auch der unter dem Namen Dornenkrone bekannte berühmte Seestern, von dem man etwa ab 1970 oft in den Zeitungen las, da er sich massenhaft vermehrt hatte und schwere Zerstörungen in den indo-pazifischen Korallenriffen anrichtete.

Einige Eidechsen tragen zugespitzte, harte Schuppen, die sie zweifellos vor manchem Tier schützen, das unbewehrte Reptilien frißt. Wäre es anders, könnte sich der australische Dornenteufel, eine Agame, kaum die ihm nachgesagte und für eine Eidechse ungewöhnliche Langsamkeit „leisten“.

Bei den Säugetieren hat sich mehrfach ein perfektes Stachelkleid entwickelt. Dieser Schutz ist allerdings mit dem schweren Nachteil verbunden, daß es Flöhe, Läuse, Haarlinge und Zecken noch unangreifbarer macht als sie selbst. Diese Parasiten verbergen sich zwischen den Stacheln und schädigen ihren Wirt nahezu ungestört. Außer den uns vertrauten Igel sind die Schnabeligel Australiens und Neuguineas, die madagassischen Borstenigel, die altweltlichen und die ihnen nicht näher verwandten neuweltlichen Stachelschweine vollständig bestachelt. Stachelschweine wenden Angreifern ihre gestäubten Stacheln entgegen und greifen womöglich auch im Rückwärtsgang an, wenn ihr Anblick und drohendes Stachelrasseln nicht zur Abschreckung ausreichen. Lange Zeit galt es als Märchen, daß sie dabei auch Stacheln abschießen würden. Erstaunlicherweise können jedoch bei heftigem Schütteln einzelne Stacheln immerhin so kraftvoll fortgeschleudert werden, daß sie gelegentlich in einem Brett steckenbleiben. Als auch für den Menschen gefährlich gelten die Stacheln des nordamerikanischen Baumstachelschweins oder Ursons. Sie durchdringen leicht die Haut, und ihre abgebrochenen Spitzen lassen sich nicht herausziehen, da ihre Widerhaken sie nicht zurückgleiten lassen. Wenn Bewegung und Druck der umliegenden Gewebe die Bruchstücke ein wenig verschieben, wandern sie



*Ein Igel – wohl das populärste Stacheltier.  
Der Stachelapparat einer Honigbiene (Mitte) und seine mit Widerhaken  
bewehrte Spitze (rechts)*

langsam weiter und sollen gelegentlich noch nach langer Zeit Todesfälle hervorrufen können.

Außer diesen zu den Kloakentieren (Schnabeligel), den Insektenfressern (Igel, Borstenigel) und Nagetieren (Stachelschweine) gehörenden Stachelträgern gibt es Nager mit kurzen, schwachen, oder auf einzelne Körperteile beschränkten Stacheln, die allenfalls sehr unvollkommen schützen. Sie mögen daran erinnern, daß die Evolution nicht abgeschlossen ist und wir allenthalben auch mit gerade erst entstehenden Anpassungen rechnen müssen.

Sowohl die Stacheln bei vielen Fischen wie die mancher Seeigel stehen mit Giftdrüsen in Verbindung. Die langen Stacheln der Diademseeigel sind also nicht in allen Fällen nur passiver Schutz durch die Sperrigkeit, sondern zum Teil hohl und mit Gift gefüllt, also auch direkt schädlich.

Gifte sind im Tierreich weiter verbreitet als man im allgemeinen annimmt. Teilweise werden sie, wie bei vielen Spinnen, ausschließlich zur Überwältigung von Beutetieren, oder, wie bei Fischen und Seeigeln, allein zur Abwehr eingesetzt. Aber bei sehr vielen Tierarten erfüllen sie beide Funktionen, wofür hier nur Schlangen, Skorpione und Wespen als Beispiele genannt werden sollen.

Zu den für den Menschen gefährlichsten Giften gehören die, mit denen einige Nesseltiere ihre Beute lähmen. So lebt an australischen Küsten eine höchstens 15 cm messende Qualle, die man als Seewespe bezeichnet. Da sie fast vollständig durchsichtig ist, kann man sie beim Baden leicht übersehen. Der Kontakt mit ihren Nesselzellen ist äußerst schmerz-

haft und manchmal sogar tödlich, oft binnen 15 min. Im Wasser warmer Meere lauern überhaupt manche Giftgefahren. So jagen auch die von Sammlern begehrten Kegelschnecken mit Gift, das sie ihren Opfern, meist anderen Schnecken, mit einem spitzen Zahn einspritzen. Manche sollen die aus der Raspelzunge hervorgegangenen und sich ständig neu bildenden Giftzähne sogar auf einige Zentimeter Entfernung „abschießen“ können. Auch in diesem Fall besteht Lebensgefahr!

Schlangen, Skorpione und Spinnen sind als Gifttiere so gut bekannt, daß hier nur etwas über die Gifte zweier mitteleuropäischer Arten gesagt werden soll.

Im Oberrheintal zwischen Basel und Mainz – in Jahren mit günstiger Witterung auch im angrenzenden Gebiet – lebt eine nur 1 cm lange Spinne, der Dornfinger, der bei Störung gelegentlich seine auffallend großen Beißklauen auch in die menschliche Haut schlägt. Die Wirkung seines Bisses wird mit der eines Bienenstiches verglichen. Es muß schon ein außergewöhnlicher Zufall sein, wenn man überhaupt von einer anderen heimischen Spinne gebissen wird. Sollte es dazu kommen, kann man sich selbst davon überzeugen, daß ihr Gift ohne Wirkung bleibt, sei es, daß seine Menge zu gering ist, sei es, daß es seiner Zusammensetzung wegen für Warmblüter harmlos ist.

Der Kreuzotter gegenüber aber ist Vorsicht am Platz, wenn sie auch nur in Notwehr beißt. Heute sind Begegnungen mit ihr so selten geworden, daß es kaum noch zu Unfällen kommt. Es gibt aber immer noch Menschen, die ein gutes Werk zu tun glauben, wenn sie eine Kreuzotter töten, obwohl diese längst unter Naturschutz steht. Noch bedauerlicher ist die Tatsache, daß man allzu oft erschlagene Blindschleichen findet, die wohl das Opfer von Menschen mit einem erheblichen Bildungsman- gel wurden, die Blindschleichen für Schlangen und Schlangen für gefährlich, unnützlich und häßlich halten.

Das häufigste und gefährlichste Gifttier der Heimat ist zweifellos die Honigbiene. Wenn im allgemeinen auch eine ganze Anzahl von Stichen ohne schwerwiegende Folgen vertragen wird, gibt es gelegentlich Überempfindlichkeitsreaktionen. Dann bleibt es nicht bei örtlichen Schmerzen und Schwellungen, und im schlimmsten Fall führt ein einzelner Stich zum Tode. Das kann auch sonst völlig gesunden Menschen widerfahren. Wer einmal unter Folgen eines Bienenstichs litt, die nicht auf die Umgebung der Stichstelle begrenzt blieben, sollte seine Überempfindlichkeit medizinisch behandeln lassen. Bei Wespen sind derartige Reaktionen weniger zu befürchten. Sie geraten jedoch nicht selten mit Obst oder Kuchen in den Mund, und Stiche in den Rachenraum können in wenigen

Augenblicken zu so starken Schwellungen führen, daß Erstickungsgefahr besteht.

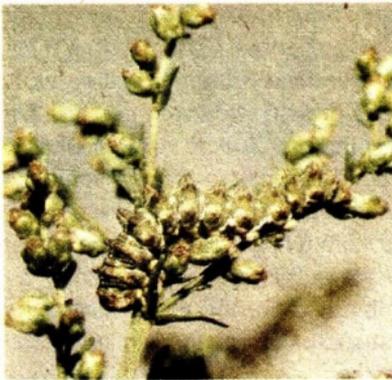
Ihre Größe und das als Drohung empfundene Brummen haben wohl zu der Meinung geführt, der Stich einer Hornisse wäre weit gefährlicher als der einer Biene. Dafür gibt es keinen Beweis. Zudem stechen Hornissen viel weniger leicht. Sie stehen in dieser Hinsicht zwischen Honigbienen und Hummeln. Von den letzteren wurden so wenige Menschen gestochen, daß die irrige Auffassung, sie könnten gar nicht stechen, weit verbreitet ist. Man sollte einmal einer tot aufgefundenen Hummel, die man längere Zeit in verdünnte Kaliumhydroxidlösung eingeweicht und danach gekocht hat, den Stachel herauspräparieren und ihn unter der Lupe mit dem einer Honigbiene vergleichen!

Zum Schluß sei vor einigen Raupen gewarnt, deren Haare mit Giftdrüsen in Verbindung stehen oder allergische Reaktionen hervorrufen. Das gilt besonders für Eichen- und Kiefernprozessionsspinner- sowie Goldafterraupen, in geringerem Maße auch für die haarigen Raupen einiger anderer Schmetterlingsarten. Am häufigsten kann man mit Goldafterraupen in Berührung kommen, die oft in großen Massen an Eichen oder Obstbäumen an Straßenrändern auftreten. Erwachsene Raupen sollen nicht weniger als etwa 500 000 der nur 0,2 Millimeter langen Gifthärchen tragen. Diese bohren sich fast von allein in die Haut ein und können in solchen Mengen in der Luft schweben, daß es schon zu jucken beginnt, ehe man überhaupt eine Raupe gesehen hat. Außer zu einem Hautausschlag kann es dadurch zur Entzündung der Atemwege kommen. Gefährlich wird es, wenn die Härchen unter ein Augenlid geraten. Gelegentlich bewerfen sich Kinder mit solchen „nesselnden“ Raupen. Das ist fürwahr kein harmloser Spaß, denn ins Auge gedrungene Gifthärchen haben schon zur Erblindung geführt!

## *Warnen und Tarnen*

Obwohl es in den Tropen besonders viele erstaunliche Beispiele zu unserem Thema gibt, werden hier nur solche berücksichtigt, die man sich mit etwas Glück und einiger Mühe selbst vor Augen führen kann.

In manchen Jahren sind an Beifuß die Raupen des Beifußmönches, eines Eulenfalters, gar nicht selten. Man sollte sie in der zweiten Augusthälfte und im September suchen, wenn sie schon ziemlich groß oder ausgewachsen sind. Etwas Geduld ist mitzubringen, denn die Raupen sind farblich und durch ihre die Spitzen der Samen nachahmenden Höcker-



*Die Raupe des Beifußmönches  
ist perfekt getarnt.*



*In natürlicher Umgebung findet man  
solche Spannerraupen fast nur  
durch Zufall.*

chen hervorragend an ihre Umgebung angepaßt. Wie sehr, wird wohl jeder bestätigen, der schon einmal einige dieser Raupen an Stengeln ihrer Futterpflanze gehalten hat. Es kann nämlich kaum ausbleiben, daß man immer wieder erschreckt meint, die Tiere seien nicht mehr vollzählig. Aber das stellt sich in der Regel doch als Irrtum heraus.

Spannerraupen spreizen sich in der Ruhe meist so von einem Zweig ab, daß sie wie abgebrochene Ästchen oder Blattstiele aussehen. Manche zeigen auch die entsprechende Farbe. Die Spannerraupe auf der Abbildung ist zwar leicht zu erkennen. Anders hätte es jedoch ausgesehen, wäre sie in ihrer natürlichen Umgebung aufgenommen worden. Beim Absuchen einer Pflanze kann der Schärfebereich des Auges zudem nur ganz kurz über die richtige Ebene hinweggleiten.

Und ein drittes Beispiel: Im Spätsommer oder Herbst fliegen auf einem Waldweg vor unseren Füßen ziemlich große Insekten auf, die sich in einiger Entfernung wieder niedersetzen. Näher betrachten kann man sie nur dann, wenn man sich die Landungsstellen ganz genau merkt und sich vorsichtig darauf zu bewegt. Mit etwas Glück erblickt man dann eine Ödlandschrecke, deren Tarnkleid geradezu ideal der Umgebung entspricht; selbst die oft verräterischen Augen tragen eine Sandkörnchenmusterung. Beim Flug wird die „Sandwegimitation“ allerdings aufgegeben, die eine Art entfaltet rote, die andere blaue Hinterflügel.

Bei der Beschäftigung mit der Tierwelt des Gartens wird auch erwähnt, daß sich Florfliegenlarven mit auf dem Rücken befestigten leeren Blattlaushäuten tarnen. An Lippen- und Korbblütengewächsen fressen



*Kartoffelkäfer schmecken schlecht – wer auf sie hereingefallen ist, erkennt sie leicht wieder.*



*Die Warnung vor seinem Hautgift ist sehr wirkungsvoll.*

nicht selten die durch Bestachelung ausgezeichneten Larven von Schildkäfern, die den eigenen Kot mit Hilfe zweier Fortsätze am Hinterleibsende über den Rücken halten. Wahrscheinlich findet jeder weitere Beispiele für eine wirkungsvolle Tarnung, wobei auch an brütende Vögel und sich an die Unterlage drückende Jungvögel zu denken ist.

Viele Meerestiere sind durch völlige Durchsichtigkeit geschützt. Ein Beispiel dafür begegnet aber früher oder später auch demjenigen, der auszieht, um Wasserflöhe zur Fischfütterung zu fangen. Es handelt sich um die 12 Millimeter bis 15 Millimeter langen Larven der Büschelmücke, von denen man nur bei sehr genauem Hinsehen mehr erkennt als die Augen und die luftgefüllten Schwimmblasen. Die letzteren ermöglichen den räuberischen Larven, frei im Wasser waagrecht und unbemerkt auf der Lauer zu liegen.

Verblüffend ist, wie Tiere sich bei einem Ortswechsel innerhalb von Minuten in Farbe und Musterung an die Umgebung anpassen. In einem größeren Aquarium sollte man sich das unbedingt bei Flundern oder mit ihnen verwandten Plattfischen ansehen. Die seit altersher für ihren Farbwechsel berühmten Chamäleons können mit einer solchen Anpassungsfähigkeit nicht mithalten.

Die Bedeutung der Tarnkleider ist ohne weiteres verständlich. Aber bilden die gut getarnten Tiere nicht gegenüber den anderen eine Minderheit? Und wieviele Insekten sind geradezu auffällig gefärbt? Man kann das leicht selbst nachprüfen und braucht nur an Marienkäfer, Feuerwanzen, bunte Raupen, zahlreiche Tagfalter, an Wespen und Schwebfliegen

zu denken. Schließlich sei der Feuersalamander genannt. Er gibt Gelegenheit, zum letzten Kapitel nachzutragen, daß sehr viele Lurche Hautgifte bilden, von denen die der südamerikanischen Frösche von den Indianern zur Gewinnung von Pfeilgiften benutzt wurden.

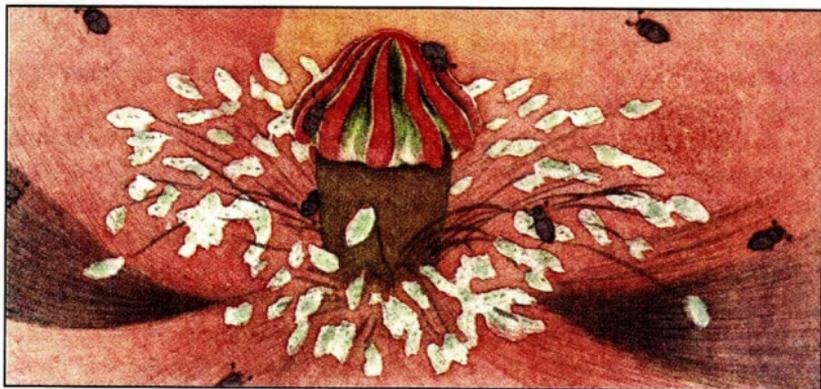
Feuersalamander bewegen sich bei feuchter Witterung auch am Tag langsam und „unbekümmert“. Können sie das trotz oder wegen ihrer Auffälligkeit? Vermutlich wären sie stärker gefährdet, trügen sie eine unscheinbare Färbung. Aber die kontrastreiche schwarz-gelbe Färbung wird einem Verfolger unvergeßlich sein, sofern er einmal schlechte Erfahrungen mit dem Gift eines Feuersalamanders gemacht hat. Ebenso warnen andere Tiere durch einprägsame Färbung vor ihrem Gift, vor schlechtem Geschmack oder einem Wehrstachel.

Warum sollte es Vögeln und Fröschen anders ergehen als den an den Umgang mit Insekten gewöhnten Mitarbeiterinnen eines Institutes. Als diesen eines Tages ein Hornissenglasflügler in die Hände fiel, begegneten sie ihm mit äußerster Vorsicht. Sie konnten ja nicht wissen ... (obwohl sie viel genauer hinsehen konnten als ein jagender Vogel, der sich sekunden-schnell entscheiden muß). Zwar handelt es sich bei dem „verdächtigen“ Tier um einen harmlosen Schmetterling, doch entspricht seine Größe der einer Hornisse, und Zeichnung und Färbung sind ebenfalls der Hornisse ähnlich. Auch der Flügelumriß ist eher der eines Hautflüglers als eines Schmetterlings, zudem sind die Flügel schuppenlos und durchsichtig, was im allgemeinen für Schmetterlinge nicht zutrifft. Die Überraschung für den Fotografen kam später, denn der nach der Aufnahme in die Freiheit entlassene Falter flog mit lautem Gebrumm davon und erinnerte dadurch noch mehr als durch sein Aussehen an eine Hornisse.



*Ein Hornissenglasflügler – wer würde ihn sofort als Schmetterling erkennen?*

## Wege und Umwege der Bestäubung



### *Bestäubung muß sein*

Im Blumengeschäft erregen die leuchtenden, großen Blüten mancher Orchideen besonderes Interesse. Wer sie eingehend mustert, sieht mitunter einen kleinen Wattebausch auf der Narbe; aber nur wenige Käufer wissen, warum er dort angebracht wurde.

Orchideenblüten sterben schnell ab, nachdem die Narbe bestäubt wurde, und welken dann innerhalb weniger Stunden. Die Watte soll ein zufälliges, für den Käufer unerwünschtes Übertragen des Pollens verhindern. Eine frisch geschnittene Cattleya hält dann bis zu dreißig Tagen; bei anderen Orchideen sind sogar Blühzeiten von vierzig, siebzig oder achtzig Tagen möglich.

An den Blüten der Orchideen gibt es mancherlei zu beobachten: Staubfaden, Staubbeutel und Griffel sind in eigentümlicher Weise miteinander verwachsen. Von den anfangs zahlreichen Staubblättern werden nur eines oder zwei entwickelt und bilden Pollen aus.

Besucht ein größeres Insekt die Blüte einer Orchidee, bleibt meist der gesamte Pollen in Form von einem oder zwei Paketen – als sogenannte Pollinien – an seinem Körper haften und kann als Ganzes auf eine andere Blüte verschleppt werden. Mit einem dünnen Holzstab läßt sich das leicht demonstrieren: Man drückt ihn vorsichtig in die Blüte und dringt von Versuch zu Versuch etwas tiefer ein. Schließlich haften beide Pollinien fest an dem Holzstab, genau wie am Chitinpanzer eines Insektes. Dieser Klumpen läßt sich in einem Tropfen Wasser auf einem Objektträ-

ger zerdrücken; unter dem Mikroskop ist zu erkennen, daß es tatsächlich Pollen ist. Blendet man stark ab, sieht man sogar die Schlieren, die der Schleim an der Oberfläche der Körner erzeugt. Die schrumpeligen Pollen nehmen im Wasser schnell eine rundliche Form an.

Bei den Orchideen ist es der Bau der Blüte, der das Forttragen der Pollinien sichert. Andere Pflanzen führen aktive Bewegungen aus, um Pollen zu übertragen. Bei Berberitzen, deren leuchtend gelbe Blütenstände im Frühsommer auffallen, sind sie besonders ausgeprägt: Wenn der Rüssel eines Insektes eine bestimmte Stelle am Grunde der Blüte streift, klappen die Staubblätter innerhalb einer Zehntelsekunde zusammen: der Pollen schlägt dabei gegen den Rüssel des Insekts, und viele Körner bleiben haften. Mit einem Zahnstocher, der in den Blütengrund gedrückt wird, kann man die überraschende Reaktion der Pflanze auslösen.

Bestäubung muß sein! Die Natur hat verschiedenartige Einrichtungen entwickelt, um die Bestäubung zu sichern. Nur in seltenen Ausnahmefällen, etwa bei den Habichtskräutern (Gattung *Hieracium*) entwickeln sich Samenanlagen, ohne daß Blütenstaub übertragen werden muß.

Veilchen – die bekanntlich im verborgenen blühen – benötigen weder Insekten oder andere Tiere noch Wind: Der Pollen wird auf die Narbe gedrückt, ohne daß sich die Blüte zu öffnen braucht. Hier finden wir eine Selbstbestäubung, die unter allen Witterungsverhältnissen funktioniert.

Aber in vielen anderen Fällen werden komplizierte Einrichtungen erforderlich, um das Übertragen des Pollens zu sichern. Die Blüten sind oftmals so gebaut, daß der Pollen an den Tieren besonders leicht haftenbleibt und an den später besuchten Blüten auf der Narbe abgestreift wird.

## *Wie Insekten ihre Blüten finden*

In der Natur überwiegt die Bestäubung durch Insekten; andere Tierarten spielen daneben eine geringere Rolle, und die ebenfalls wichtige Windbestäubung ist mehr oder weniger nur auf Pflanzen bestimmter Klimazonen beschränkt.

Als Beispiel sollen uns zunächst die tiefroten Blüten des Klatschmohns dienen, die am Feltrand leicht zu finden sind. In weit geöffneten Blüten krabbeln fast immer kleine Käfer herum. Mit der Lupe ist zu erkennen, daß sich ihr Körper mit Pollen beladen hat. Das Mikroskop enthüllt das noch deutlicher und läßt Blütenstaub vieler Pflanzenarten erkennen.

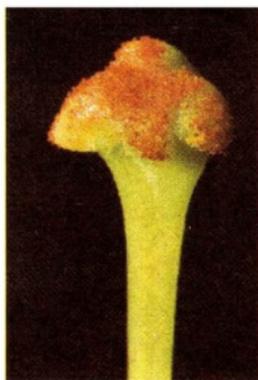


Links oben: An der aufgeschnittenen Blüte des Löwenmauls erkennt man die gelblichen Nektarien am Blütengrund.

Links mitte: Die Saftmale führen direkt zum Blütengrund in der Mohnblüte.

Rechts: Dunkle Streifen und Flecke in den Blüten locken die Insekten an.





*Links: An der klebrigen Narbe der Lilie haftet der Pollen gut.*

*Mitte: Narbe und Staubblätter in einer Hibiscus-Blüte.*

*Rechts: Am Blütengrund der Kaiserkrone sitzen gelbe Nektarien.*

Die Produktion erscheint geradezu verschwenderisch, denn eine Mohnblüte bildet etwa 2,6 Millionen Pollen aus. Mit der Zungenspitze kann man den Blütenstaub mühelos kosten, aber meist ist die Enttäuschung groß: Der Pollen schmeckt nicht besonders süß; er ist allerdings sehr nahrhaft, wenn auch nicht durch den Zuckergehalt.

Mancher Leser hat wohl an Nektar gedacht, die „Speise der Götter“ bei den alten Griechen. Aber Pollen ist nicht gleich Nektar – höchstens im Volksmund. Unter Nektar versteht man vielmehr einen klebrigen Saft, meist sehr zuckerhaltig, der von den Blüten ausgeschieden wird. Er ist reich an Vitaminen und Mineralsalzen. Organische Säuren geben ihm oftmals einen besonderen Geschmack.

Wo finden wir zur Sommerzeit Nektar? Ein geeignetes Objekt sind die weißen Taubnesseln (keine Angst – sie brennen nicht!) am Feldrande. Sie sondern in den Vormittagsstunden besonders große Mengen Nektar ab. Wo der Griffel und die Staubfäden am Grunde der Blüte entspringen, sieht man in einer aufgetrennten Blüte mit der Lupe feine Tröpfchen, die leicht am Finger festkleben. Sie schmecken tatsächlich süß!

Auch Fliederblüten, besonders bei ungefüllten Formen, sondern Nektar ab. Kinder saugen das süße Tröpfchen gern aus; eigentlich aber ist der Nektar den Insekten zgedacht, die Pollen übertragen.

Das Übertragen der Pollen ist eine Art „Dienstleistung“: Dafür winkt den Tieren, die bei ihrer Sammeltätigkeit eine Bestäubung vollziehen, ein bestimmter Lohn. Ihnen werden Nektar oder schmackhafte Pollen, mitunter auch Futterhaare, geboten, die den häufigen Besuch der Blüten

durch Insekten hervorrufen und hierdurch eine hohe Zahl an Bestäubungen sichern.

Wie finden die Tiere zu den Blüten, vor allem zu Blüten bestimmter Arten? Bei den Orchideen, unserem ersten Beispiel, werden sie von der Fähigkeit geleitet, grelle Farben oder auffällige Formen zu unterscheiden. Insekten sehen sehr gut, wenn auch anders als der Mensch.

Oft weisen Saftmale – dunkle Streifen auf den leuchtenden Kronblättern – den Weg zum Blütengrund. Sie sind für die Insekten etwa dasselbe wie die Wegweiser im Straßenverkehr für den Menschen.



*Versuch mit ‚Leitlinien‘.* Runde, bunte Pappscheiben werden an günstiger Stelle aufgestellt, dann wird gezählt, wieviele Insekten jede Scheibe in einer Stunde anfliegen. Daneben werden gleich große und gleichfarbige Scheiben gestellt, die radiale schwarze Striche tragen; die Insektenbesuche werden ebenfalls gezählt.

In der Regel lassen sich weit mehr Insekten auf den markierten Scheiben nieder als auf den ‚Blüten‘ ohne ‚Saftmale‘. Sie finden auch schneller den Weg zur Mitte der ‚Blüte‘, wo sie ihre ‚Belohnung‘ abholen und eine ‚Bestäubung‘ vollziehen könnten. Interessant ist es auch zu beobachten, welche Farben von den Insekten bevorzugt werden.

Daneben beeinflussen bestimmte Formen der Blüten den Anflug. Verschieden geformte Blütenmodelle, gleich groß und in gleichem Farbton, werden von spezialisierten Insekten ganz verschieden stark befliegen, ein Beweis dafür, daß sie eine Blütenform erkennen und danach gezielt ‚ihre‘ Blüte anfliegen.

Manche Kronblätter, etwa vom Stiefmütterchen, zeigen eine samtartige Beschaffenheit. Eine starke Lupe enthüllt, daß eigenartige Höckerzellen diesen Samteindruck der Stiefmütterchenblüten erzeugen. Bestimmte Insekten erkennen diese ‚Samtzellen‘ und werden dadurch zu den Blüten geleitet. Von solchen Insekten werden mattbunte Pappscheiben stärker befliegen als glänzende Scheiben gleicher Größe und Farbe.

Insekten können auch ultraviolette Strahlen wahrnehmen, die das Auge des Menschen nicht sieht. Manche Blüten erscheinen uns einfarbig: Fotografiert man sie jedoch im ultravioletten Licht, erkennt man die Saftmale, die das Auge des Insekts wahrnimmt und von denen es geleitet wird.

Welche Rolle spielt der Blütenduft? Lockt er die Insekten an? Das geschieht weit seltener, als der Laie annimmt.

Natürlich duftet ein Rapsfeld, und oft riecht man es im Frühsommer fast einen Kilometer weit. Aber es ist ja auch auffällig gefärbt und nicht zu übersehen. Viele Käfer, die den Raps aufsuchen, werden durch Schalen in leuchtend gelber Färbung ebenso angelockt wie durch die Pflanzen, auch wenn diese Schalen nicht duften.

Doch es gibt auch bestimmte Pflanzen, die Insekten durch ihre Duftstoffe anlocken. Besonders Blüten, die erst in den Abendstunden ihren Duft ausströmen, werden von Nachtfaltern und anderen in der Nacht fliegenden Insekten bevorzugt aufgesucht. Bei der gelbblühenden Nachtkerze (*Oenothera biennis*), die nur abends und nachts kräftig duftet, erfolgt die Bestäubung in erster Linie durch Nachtschmetterlinge, seltener durch Taginsekten.

Manche Tagschmetterlinge werden ebenfalls durch ihren Geruchssinn geleitet. Bestimmte Arten suchen die Linden auf, deren Blüten wegen ihrer blaßgrünen Farbe wenig auffallen. Auch hier ist zu bestimmten Tageszeiten und bei bestimmten Wetterlagen, etwa bei schwüler Gewitterstimmung, die Duftentwicklung besonders intensiv: Massen von Schmetterlingen werden hierdurch aus großer Entfernung angelockt und sorgen dann für die Bestäubung.

Manche Pflanzenarten, zum Beispiel der Aronstab, strömen einen Geruch aus, der uns Menschen unangenehm erscheint, weil er an faulendes Fleisch erinnert. Dieser Aasgeruch lockt Insekten an, die auf den Kadavern von Tieren ihre Eier ablegen. Wenn ein ähnlicher Geruch von Pflanzen ausgeht, werden Insekten dadurch zwar in die Blüte gelockt, aber eine Eiablage ist dort sinnlos. So wird zwar die Dienstleistung erbracht, aber die Belohnung bleibt aus.

Über solche Täuschungen wird im Kapitel Täusch- und Fallenblumen mehr berichtet.

Sobald eine Bestäubung vollzogen ist, haben die Blütenblätter ihre Bedeutung für das Gedeihen der Pflanze verloren. In manchen Fällen welken sie außerordentlich schnell, und vorhandene Nährstoffe werden in andere Teile der Pflanze abtransportiert, so wie in unserem Beispiel am Anfang dieses Kapitels bei der Orchideenblüte.

## *Der Wind, der Wind ...*

Nicht immer geht die Natur bei der Bestäubung so komplizierte Wege, oft genügt einfach der Wind, um das Übertragen des Pollens zu sichern.



*Links: Die Staubgefäße hängen weit aus den Roggenblüten heraus.*

*Mitte: Pollenkörner des Roggens sind klein und trocken.*

*Rechts: Auch die Blüten der Lärche werden vom Wind bestäubt.*

Im Juni sieht man an einem Roggenfeld bei mäßiger, jedoch leicht turbulenter Luftbewegung riesige gelbe Wolken von Blütenstaub aufsteigen, die über das Feld getrieben werden. Wer mit einem dunklen Tuch über die Ähren streicht, sieht bald einen deutlichen gelben Anflug. In der Nähe von Roggenfeldern können sich in Pfützen größere Mengen Pollen ansammeln und einen gelben Schimmer auf der Oberfläche erzeugen.

Wer ein Roggenfeld zur Blütezeit erlebt, könnte an eine riesige Verschwendung der Natur denken: Doch die Massenproduktion sichert in Wirklichkeit nur eine Bestäubung möglichst aller Narben. Der geringste Lufthauch genügt bereits, und die sehr kleinen Körner des Blütenstaubs werden in die Luft gewirbelt.

Das Mikroskop enthüllt bei stärkerer Vergrößerung, welche Voraussetzungen bei einer Bestäubung durch den Wind erfüllt sein müssen: Die Pollen sind klein, rundlich und kleben nicht aneinander. Nach Schleim sucht man auch bei stärkster Vergrößerung umsonst.

Die Narbe des Roggens hängt weit aus der Blüte heraus und hat, wie man schon mit einer stärkeren Lupe erkennt, eine gefranste Oberfläche. Die Aussicht, von einem Pollen getroffen zu werden, wird dadurch erheblich vergrößert. Die Narben des Roggens bleiben nur einige Stunden bestäubungsfähig und schrumpfen dann wieder. Nur die ungeheuer große Produktion an Pollen sichert eine nahezu hundertprozentige Bestäubung aller Blüten. Selbst einzelne Pflanzen, die einige hundert Meter weit entfernt stehen, können vom Pollen erreicht werden.

Je Staubblatt werden rund 19000 Pollen gebildet, je Pflanze, die ja mehrere Halme besitzt, etwa 21 Millionen. Es ist nicht schwer zu errechnen, daß je Héktar viele Milliarden von Pollen gebildet werden.

Die Liste der Pflanzen, die vom Wind bestäubt werden, ist lang: hierzu gehören neben den Gräsern auch Kiefer, Pappel, Birke, Haselnuß und viele andere Bäume und Sträucher. In einer Kieferschönung kann man zur Blütezeit leuchtend gelben Pollen von den Pflanzen schütteln. Nach Regenfällen sind zu dieser Zeit die Oberflächen der Pfüten derartig gelb vom zusammengeschwemmten Kieferspöllen, daß abergläubische Menschen von „Schwefelregen“ sprechen, den sie natürlich für ein böses Vorzeichen halten.

Entlang der Nord- und Ostseeküste ist der Anteil der Windbestäuber an der Flora weit größer als im Binnenlande, weil der Wind den regelmäßigen Insektenflug erheblich behindert.

Auch auf extremen Standorten, etwa im Hochgebirge, ist der Anteil der windbestäubten Pflanzen verhältnismäßig groß: Dort gibt es einfach zu wenige Insekten, die für eine Bestäubung in Betracht kommen.

Als zur Zeit der Obstblüte einmal kaltes und windiges Wetter herrschte, klagte ein Botaniker zu einem Nichtfachmann: „Keine Aussicht auf eine gute Obsternte; bei diesem Wetter fliegen keine Bienen!“ Der Gesprächspartner wollte etwas Trostreiches antworten: „Aber dafür weht doch der Wind kräftig – und sorgt für Bestäubung!“

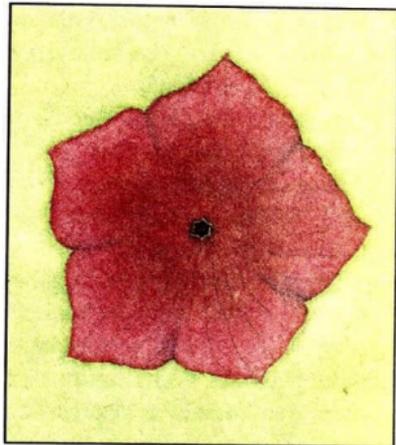
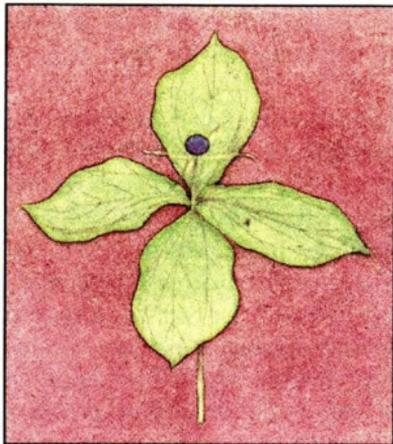
Windbestäubung und Bestäubung durch Insekten verlaufen streng voneinander getrennt. Ein windiger Tag zur Zeit der Baumbblüte bringt keine Pollen auf die Narbe. Sie kleben fest in ihren Staubbeutel und warten auf die Bienen. Die Bestäubung hängt lediglich von der emsigen Tätigkeit dieser Tiere zur Blütezeit der Obstbäume ab.

## *Täusch- und Fallenblumen*

Täuschblumen erreichen den Besuch ihrer Bestäuber auf besondere Weise. Sie liefern weder Pollen noch Nektar, sondern täuschen Nahrung oder auch Fortpflanzungsmöglichkeiten nur vor. Um die Insekten zu einem Blütenbesuch zu veranlassen, haben sie attraktive Lockmittel, die das Ernährungs-, Verteidigungs- oder Fortpflanzungsverhalten der Tiere ausnutzen.

Interessante Täuschblumen gibt es bei den Ragwurz-Arten, Orchideen der Mittelmeerländer, von denen bei uns Fliegen-, Hummel- und Bienen-Ragwurz als Seltenheiten auf trockenen Hügeln vorkommen. Die Namen

der Arten verraten schon, daß die Blüten wie Insekten aussehen. Seit langem hat man vermutet, daß mit dieser eigenartigen Blütenform eine besondere Bestäubung zusammenhängt, aber erst kürzlich konnte die Vermutung durch Attrappenversuche bestätigt werden. Die Blüten täuschen Insektenweibchen vor und locken die entsprechenden Männchen an. Jede Ragwurz ist dabei auf eine bestimmte Bienen- oder Wespenart spezialisiert und duftet wie dieses Weibchen. Gerät ein Insektenmännchen in den Duftstrom einer Blüte oder einer mit dem Duftstoff getränkten Attrappe, wird es erregt, fliegt auf die Duftquelle zu und umkreist sie



*Oben: Die Einbeere trägt eine Blüte mit großem glänzendem Fruchtknoten.  
Unten: Die Blüten der Bienen-Ragwurz täuschen Insekten vor.*

*Die Blüten von Aasfliegenblumen locken die Insekten zur Eiablage an.*

mehrmals. In der Nähe wirken nun auch die optischen Reize: Die Lippe der Orchideenblüte sieht wie der Hinterleib eines Insektenweibchens aus. Meist trägt sie auch noch einen hellen Fleck, den Spiegel, der die zusammengelegten, schillernden Flügel nachahmt. Das Männchen landet auf der Blüte und versucht, sich mit ihr zu paaren. Dabei belädt es sich mit den Pollenpaketen und überträgt sie. Warum aber sucht das Insektenmännchen nach dem erfolglosen Paarungsversuch noch weitere Blüten auf und sichert damit die Bestäubung? Wahrscheinlich gibt es zwei Gründe:

Einmal schlüpfen die Männchen einige Tage vor den Weibchen und finden in dieser Zeit noch keinen echten Partner, zum anderen sind die Ragwurzblüten so gute Imitatoren, daß die Männchen sie ihren eigenen Weibchen „vorziehen“.

Tropischen Orchideen der Gattung *Oncidium* hilft das Verteidigungsverhalten mancher Insekten bei ihrer Bestäubung. In den Wäldern Südamerikas wachsen *Oncidium*-Arten in einem Gebiet, in dem auch Prachtbienen leben. Die Prachtbienen-Männchen haben eine besondere Eigenschaft, sie beanspruchen ein bestimmtes Revier, das sie gegen Eindringlinge verteidigen. Meist sitzen sie auf einem erhöhten Zweig, überblicken ihr Revier, und sowie ein fremdes Insekt an der Grenze auftaucht, greifen sie es an und vertreiben es. Nur die eigenen Weibchen werden geduldet. Dieses Verhalten nutzen die Orchideen. Wenn ihre Blüten an den dünnen Stielen im Wind schaukeln, hält sie das Prachtbienen-Männchen für fliegende Rivalen und stößt immer wieder auf sie zu, um sie zu vertreiben. Dabei wird der Pollen von Blüte zu Blüte übertragen.

Blumen, die Nahrung vortäuschen, gibt es auch in unserer heimischen Flora. Die Einbeere ist eine Fliegen-Täuschblume. Ihr glänzender dunkler Fruchtknoten wirkt auf Fliegen wie ein großer Nektartropfen. Bei dem Versuch, ihn aufzulecken, wird der Pollen übertragen. Noch auffälligere Nektartröpfchen scheint das Sumpf-Herzblatt seinen Bestäubern zu bieten. Zwar finden die Fliegen ein wenig Nektar am Grunde der Blüte, angelockt werden sie aber durch die vermeintlichen Nektartropfen an den Spitzen der unfruchtbaren Staubblätter. Diese Blätter tragen sieben bis dreizehn Strahlen, deren Köpfchen im Sonnenlicht wie kleine Tropfen glänzen.

Außer Nektar wird auch Pollen vorgetäuscht. Viele zwittrige Blüten produzieren Pollen im Überschuß, so daß sich die Insekten während der Übertragung an Pollen sattfressen können und die Bestäubung trotzdem gesichert ist. Andere Blumen bilden weniger Blütenstaub und bieten den Bestäubern entweder unfruchtbaren Futterpollen wie die *Cassia*-Arten

oder locken sie nur durch eine Pollen-Attrappe. Bei den heimischen Königskerzen kann man beobachten, daß die Staubblätter an ihren Stielen weißliche oder violette Haare tragen, die den Insekten ein reiches Pollenangebot vortäuschen.

Die Grasnelke, eine Orchidee der nordamerikanischen Sumpfwiesen, bildet mit ihren Blüten eine regelrechte Bestäubungsattrappe. Ihre aufwärts gerichtete Lippe ist gelb behaart und täuscht Staubbeutel vor. Wenn sich dort eine Biene niederläßt, um den vermeintlichen Pollen zu sammeln, klappt die Lippe unter dem Gewicht nach unten und bringt den Bestäuber in Kontakt mit Narbe und Staubblatt. Dabei haften die Pollenpakete am Rücken des Insekts und werden nun zur nächsten Blüte übertragen.

Eine besondere Gruppe von Täuschblumen sind die Aasfliegenblumen, die das Fortpflanzungsverhalten von Insekten nutzen. Durch ihre rotbraune Färbung und vor allem durch den widerlichen Geruch täuschen sie Aas vor und locken Fliegen zur Eiablage. Auch hier werden die Bestäuber „betrogen“. Sie übertragen den Pollen, aber die Fliegenmaden, die auf den Aasblumen schlüpfen, finden keine Nahrung und gehen zugrunde.

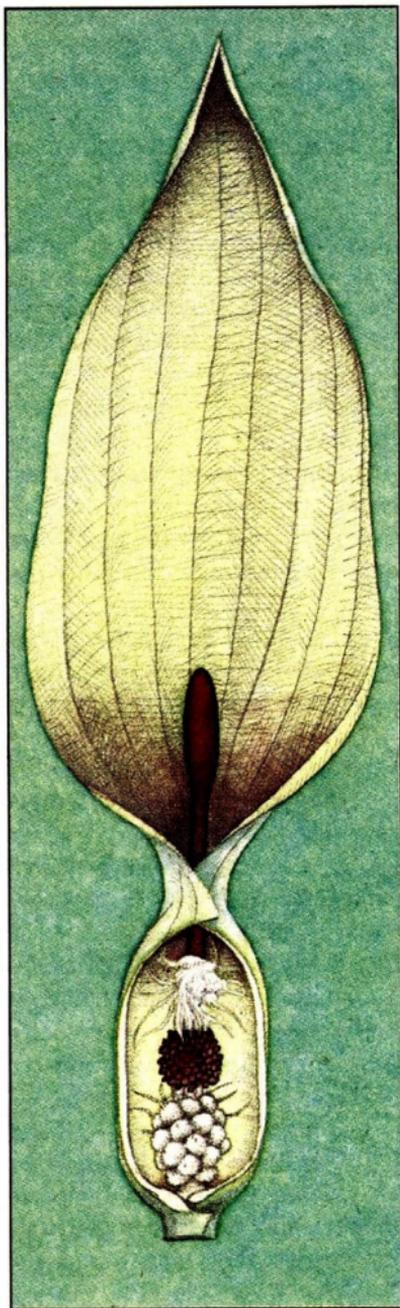
Viele Aasblumen gibt es unter den sukkulenten Seidenpflanzengewächsen, zum Beispiel bei den Stapelien. Ihre Blüten sehen wie prächtige Sterne aus, die man aber besser nur von weitem betrachtet, denn sie können sehr unangenehm riechen.

Manche Aasblumen locken die Insekten nicht nur an, sondern halten sie in einer Falle gefangen, bis die Bestäubung gesichert ist. Zu ihnen gehört unser heimischer Aronstab, dessen große Kesselfallen sich gut für Beobachtungen und Experimente eignen. Der Gefleckte Aronstab wächst in nährstoffreichen Laubmischwäldern und Gebüsch; er blüht im Frühsommer, von April bis Juni.

Der kolbenförmige Blütenstand wird von einem bleichgrünen Hochblatt umhüllt. Im unteren Teil, wo die Blüten sitzen, bildet dieses Blatt einen Kessel. Hier ist es besonders warm; mit einem feinen Thermometer kann man den Temperaturunterschied zur Umgebung feststellen. Er beträgt bis zu 16 Grad Celsius.



*Temperaturmessung im Kessel des Aronstabs.* An einer Aronstabblüte messen wir zu bestimmten Tageszeiten die Außentemperatur und vergleichen sie mit den Werten im Innern der Kesselfallenblume. Für die Messung eignen sich kleine Labor- oder Aquariethermometer.



*Blütenstand des Aronstabes.  
Der Kessel wurde aufgeschnitten,  
um den Kolben mit weiblichen,  
männlichen und Reusenblüten zu  
zeigen.*

Zeit	Außentemperatur	Kessel-Temperatur	Temperatur- differenz
9.00 Uhr	_____ °C	_____ °C	+ _____ °C
12.00 Uhr	_____ °C	_____ °C	+ _____ °C
15.00 Uhr	_____ °C	_____ °C	+ _____ °C
18.00 Uhr	_____ °C	_____ °C	+ _____ °C

Durch die Wärme werden Duftstoffe freigesetzt, die kleine Aas- und Schmetterlingsfliegen in die Falle locken. Die Innenwand des Hochblattes ist glatt und mit einem Ölfilm überzogen, an dem die Fliegen abrutschen. Am Kolben können sie auch nicht entkommen, denn an der engsten Stelle des Kessels stehen sterile Reusenblüten. Sie lassen sich wie eine einseitige Sperre nur nach unten bewegen. So sind die Bestäuber gefangen. Man hat bis zu 4000 Fliegen in einer Falle gezählt. Am Kolben entwickeln sich die weiblichen Blüten zuerst. Wenn sie durch den mitgebrachten Pollen bestäubt worden sind, reifen die männlichen Blüten, und ein wahrer Regen von Blütenstaub geht auf die Fliegen nieder. Jetzt haben die Insekten ihre Aufgabe erfüllt; im Gegensatz zu den Reusenfallen der insektenfressenden Pflanzen (s. S. 68 ff.) vertrocknen beim Aronstab die Reusenblüten, die Wände des Hochblattes verwelken, die Insekten können jetzt die Falle verlassen – und fliegen zur nächsten.

In den bisher behandelten Beispielen „täuschten“ die Pflanzen ihre Besucher und erreichten eine Bestäubung ohne Gegenleistung. Es gibt aber auch den umgekehrten Fall. Die Insekten stehlen den Nektar, ohne Pollen zu übertragen. Zu beobachten ist das beispielsweise an Blüten von Wachtelweizen, Wiesen-Salbei, Leinkraut, Lerchensporn, Beinwell, Hohlzahn und Rittersporn. Sie tragen häufig an der Basis der Kronröhre oder am Sporn ein kleines Loch. Kurzrüsslige Hummeln (Stein-Hummel, Erd-Hummel), die nicht in die kleinen Blüten hineinkriechen konnten, haben die Blüte dort angestochen, um auf diese Weise zu dem Zuckersaft zu gelangen. Mit ein wenig Geduld können wir solche „Nektardiebe“ beobachten und in einer Strichliste das Verhältnis von Bestäubern und „Dieben“ festhalten.



*Fliegenfänger.* Auf den Hawaii-Inseln ernährt sich eine Spanner-raupe in einer für Raupen höchst ungewöhnlichen Weise: Sie fängt, mit stark bekrallten Beinen zuschlagend, Fliegen und andere Insekten aus der Luft!



**Gewebespannung.** Pflanzengewebe, das gut mit Wasser versorgt ist, steht oft unter Spannung. Wenn der Löwenzahn blüht oder fruchtet, teilt man das untere Ende eines Blütenstandstiels mit einem scharfen Messer in vier Sektoren. Sofort klaffen sie auseinander, weil alle Zellen prall mit Wasser gefüllt sind.

Hält man den Stiel dagegen in eine Kochsalzlösung (ein Eßlöffel auf ein Glas mit Wasser), bricht die Spannung durch Wasserentzug zusammen. Die Teile des Blütenstandstiels werden schlaff, erholen sich aber in frischem Wasser innerhalb weniger Minuten.



**Riechschärfe.** Lachse suchen zum Laichen wieder ihre Heimatgewässer auf, nachdem sie jahrelang im Meer lebten. Dabei orientieren sie sich mit der Nase. Schaltet man diese aus, finden sie nicht „nach Hause“, während blinde Tiere dazu in der Lage sind. Offenbar werden Jungtiere bei der flußabwärts gerichteten Wanderung in kurzer Zeit auf den Wassergeruch geprägt. Schwer verständlich ist, daß sie später auch Gewässer wiederfinden, deren Geruch durch Abwasser verändert ist. Für den zu den Lachsen gehörenden Wandersaibling wurde nachgewiesen, daß er bestimmte Chemikalien, zum Beispiel Gallensalze, noch wahrnimmt, wenn man davon einer Wassermenge von 10 000 Kubikmeter nur 1 Milliliter zusetzt.



**Kundschafterbienen.** Zu den schon seit langem bekannten erstaunlichen Fähigkeiten der Honigbienen ist eine neue hinzugekommen: Die Arbeitsbienen können bei der Suche nach einem Nest die Größe eines dunklen Hohlraumes „messen“. Sie laufen ihn dazu in allen Richtungen ab und bevorzugen Räume mit einer Größe von 40 bis 50 Litern. Ohne eine solche Fähigkeit könnte es dem Schwarm schon bald zu eng werden. Als man einen Teil der Innenfläche im Versuch durch Beschichtung unbegebar machte, so daß die Laufstrecken kürzer wurden, unterschätzten die Kundschafterbienen die Größe einer Höhle; sie konnten den Fehler jedoch bei schwachem Licht korrigieren.



**lagende Pilze.** Außer etwa 450 Arten von Blütenpflanzen, die tierische Beute fangen und verdauen, kennt man bereits etwa 150 vorwiegend holzzersetzende Pilzarten, die ihre stickstoffarme Nahrung durch den Fang von Fadenwürmern (Nematoden) aufbessern. Ihre Beute überwältigen sie mit Klebfäden, Netzen oder Schlingen, die sich bei Berührung zusammenziehen. Der Austernseitling sondert ein Gift ab, das die Fadenwürmer in wenigen Minuten bewegungsunfähig macht.

## Wieviele Arten leben im Garten?



### Erste Erkundungen

Lassen wir einmal Obst und Gemüse, Blumen und Wildkräuter beiseite – hier soll es nur um Tiere gehen. Wieviele Arten mag es davon in einem Garten geben? Amsel, Drossel, Fink und Star sowie die sonstige Vogelschar fallen zahlenmäßig nicht sehr ins Gewicht. Noch weniger Arten kommen bei den Säugetieren zusammen, und die übrigen Wirbeltiere fehlen in den meisten Gärten völlig. Aber die Zahlen einer Bestandserfassung schnellen steil in die Höhe, streift man mit einem Streifsack oder – für einen gelegentlichen Versuch ausreichend – mit einem gewöhnlichen Insektennetz oder auch einem Wasserflohnetz eine Rasenfläche ab, indem man eine Anzahl kräftiger Schläge flach über das Gras führt. Oft wimmelt es dann im Netzbeutel von Fliegen, Mücken, Kleinschmetterlingen, Wanzen, Blattläusen, Zikaden, Rüsselkäfern, Raupen, Spinnen und Milben, überwiegend kleinen Arten, von deren Existenz man kaum eine Ahnung hatte.

Andere übersehene Arten lernt man kennen, wenn man Marmeladen- oder andere Konservengläser so in den Boden eingräbt, daß ihr Rand nicht über seine Oberfläche hinausragt. Für Forschungszwecke werden die Gläser mit einer Fangflüssigkeit gefüllt und längere Zeit stehengelassen. Wir sollten uns mit den bescheidenen Fängen einer Nacht begnügen und die in die trockene Fallgrube geratenen Tiere am Morgen freilassen. Der Versuch belegt, daß nachts am Boden vor allem Laufkäfer unterwegs sind, die sich am Tag in Verstecke zurückziehen.

Mit einer relativ großen Artenanzahl ist auch bei der dritten Methode zum Bekanntwerden mit dem heimlichen Leben des Gartens zu rechnen. Zu den wichtigsten Fangtechniken der Schmetterlingssammler gehört der Lichtfang. Dazu werden starke Lampen verwendet, deren Licht einen hohen UV-Anteil besitzt, da dieser eine besonders gute Lockwirkung hat. Damit wird ein weißes Tuch angeleuchtet, auf dem sich die Insekten niederlassen. Für unsere Zwecke genügt eine 100-W-Birne, mit der ein Bettlaken angestrahlt wird. Bei Mondschein bleiben die Fangergebnisse gering. Auch vom Wetter ist der Fang abhängig – sicher hat jeder schon beobachtet, daß man sich an manchen Abenden bei geöffneten Fenstern kaum der an die Lampe anfliegenden Insekten erwehren kann, während man an anderen Abenden von ihnen nicht gestört wird. An einem günstigen Abend wird es auf dem Fangtuch bald von Kleinschmetterlingen, Eulenfaltern, Spannern und anderen Nachtfaltern, von Fliegen, Mücken und Wanzen wimmeln, womit die Aufzählung noch keinesfalls vollständig ist. Dehnt man das Leuchten genügend lange aus, bekommt man auch einen Eindruck davon, daß manche Arten erst zu später Stunde auftauchen, weswegen ein zünftiger Lichtfangabend bei den Schmetterlingssammlern meist erst nach Mitternacht zu Ende geht.

Wer schon gute Insektenkenntnisse hat, könnte sich an einer Strichliste versuchen, in der er festhält, wieviele Arten er in den einzelnen Gruppen unterscheiden zu können glaubt. Auf diese Weise bekommt man eine ungefähre Vorstellung davon, mit welcher Artenanzahl man beim Nachtleben fliegender Insekten rechnen kann. Sicher ist man dann nicht so verblüfft und ungläubig wie die meisten Menschen, wenn die in der Überschrift gestellte und auf die Tiere eingeschränkte Frage mit „wenigstens tausend!“ beantwortet wird.

Allerdings gilt das vielleicht nur für ältere Gärten, in denen noch hohe Obstbäume stehen, es einige Schlupfwinkel unter Steinen und Brettern, einen Komposthaufen gibt und in einigen Ecken auch die Wildkräuter stehen bleiben. Man darf auch nicht alle Arten gleichzeitig erwarten. Viele wären an einem Stichtag als Ei oder Puppe nicht auffindbar und manche sind nur gelegentliche Besucher des Gartens.

## *Nahrungsketten selbst studiert*

Viele der in Gärten lebenden Tierarten sind in der freien Landschaft kaum noch anzutreffen. Das gilt vor allem für Blütenbesucher, die dort allenfalls vorübergehend Blütenstaub und Nektar finden. Gärten haben

daher eine große Bedeutung als Reservate für eine artenreiche Tierwelt, in denen man ökologische Zusammenhänge mindestens ebenso gut kennenlernen kann wie in Naturschutzgebieten. Dabei kommt man auch ohne eine genaue Artbestimmung schon sehr weit, denn meist stimmen nahe verwandte Arten in der Lebensweise weitgehend überein.

Auch im Garten läßt sich leicht feststellen, in welchem bedeutendem Maß die Menge der pflanzlichen Substanz gegenüber der tierischen überwiegt. In diesem Zusammenhang sei auf die Nahrungspyramide hingewiesen, die im Kapitel „Fressen und gefressen werden“ auf Seite 59 dargestellt ist. Das Kohl- oder Gurkenbeet, das mehrere Kilogramm Erntegut und dazu Blatt- und Wurzelwerk liefert, hat nur einige Gramm Insekten, Regenwürmer und Schnecken ernährt. Auch wenn man die Folgeglieder der Nahrungsketten, also Räuber und Parasiten, sowie diejenigen Tiere mitrechnet, die sich von den auf den Komposthaufen geworfenen Resten ernähren, handelt es sich nur um einen kleinen Bruchteil der Pflanzenmasse.

Ein Stück aus einem ganzen Bündel von Nahrungsketten kann man vor allem dann leicht studieren, wenn man als erstes tierisches Glied solche Insekten wählt, die bei schneller Entwicklung mehrere Generationen im Jahr hervorbringen, die leicht zugänglich sind und sich Beobachtungen nicht durch die Flucht entziehen. Diese Anforderungen erfüllen Blattläuse, die überhaupt höchst interessante Tiere sind. Beim Umgang mit ihnen leistet eine Lupe gute Dienste, die im Garten ohnehin zur Hand sein sollte.

An den üblichen Gartenpflanzen haben wir es durchweg mit Blattlausarten zu tun, bei denen im Sommer keine Männchen auftreten und die, anstatt Eier zu legen, lebende Junge zur Welt bringen. Dadurch tragen alle Individuen direkt zur Produktion von Nachkommen bei, die dann womöglich schon selbst an der Fortpflanzung teilnehmen, ehe andere Insekten das Ei verlassen haben.

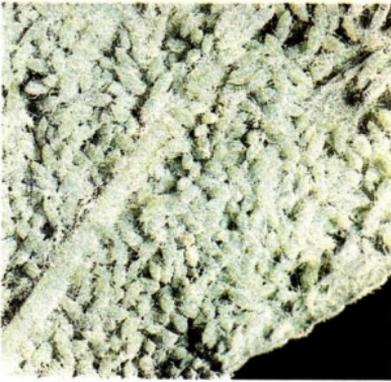
Blattläuse finden an wachsenden Pflanzenteilen besonders gute Ernährungsbedingungen. Die Konzentration vieler Kolonien auf wenige Zentimeter eines Triebes läßt darauf schließen, daß die Verhältnisse jenseits dieser Zone schon nicht mehr optimal für die Tiere sind. Keine Blattlaus kann an jeder beliebigen Pflanze saugen, aber der Grad der Spezialisierung ist sehr unterschiedlich. So können die an der Johannisbeere lebenden Blattläuse nicht die Rose befallen und die an der Bohne nicht die Kohlpflanze. Krautige Pflanzen bieten im Frühsommer bessere Ernährungsbedingungen als holzige Gewächse. Die meisten Kräuter bringen aber einen großen Nachteil für die Blattläuse: Im Herbst sterben wenig-

stens ihre oberirdischen Teile ab. Im Garten kommt hinzu, daß an der Stelle, an der womöglich einige der im Herbst gelegten Blattläuseier Ernte und Umgraben überstanden haben, im nächsten Jahr meist nicht erneut geeignete Wirtspflanzen für die daraus schlüpfenden Tiere angebaut werden.

Einem solchen Schicksal entgeht die Mehrzahl der Arten dadurch, daß die Wintereier (die im Gegensatz zu den Sommerblattläusen auch Väter haben) an Holzgewächsen abgelegt werden. Im Herbst sollte man einmal, gegen die Sonne blickend, darauf achten, wieviele tausend kleine Insekten an schönen Tagen in der Luft sind. Es handelt sich überwiegend um Blattläuse, die aufgebrochen sind, um die Winterwirte zu suchen, von denen ihre Urururgroßmütter im Frühjahr abgewandert waren. Auch solche Arten, bei denen im Sommer zeitweilig nur ungeflügelte Tiere vorkommen, machen diese Wanderungen mit. Besondere Regelungsvorgänge bewirken, daß den Blattläusen eigentlich immer dann Flügel wachsen, wenn sie gebraucht werden, sei es, daß sich die Ernährungsbedingungen verschlechtert haben oder daß das Gedränge an ihrer Wirtspflanze zu groß geworden ist.

Für den regelmäßigen Wirtswechsel einige Beispiele, die zum Teil über die übliche Gartenflora hinaus führen: An Pflaumenbäumen fällt oft die Mehligke Pflaumenlaus durch übermäßig starkes Auftreten auf. Ihr Sommerwirt ist das Schilf (Kolonien grüner und violetter Blattläusel), während sich eine andere an Pflaumenbäumen saugende Art im Sommer vor allem an Korbblütengewächsen entwickelt. Pfaffenhütchen und Pfeifenstrauch (Falscher Jasmin) tragen die Wintereier der Schwarzen Blattlaus, die im Sommer als Rüben- und Bohnenblattlaus schädlich werden, weil sie die Ernteerträge vermindern. Sehr viele verschiedene Sommerwirte, zu denen Kartoffel, Kohl und Rübe gehören, hat die Grüne Pfirsischblattlaus.

Da Blattläuse ihre Wirtspflanzen nur durch Probesaugen erkennen, sind ihre Wanderungen ein verlustreiches Umherirren. Vielleicht steht damit in Zusammenhang, daß bei manchen Arten eine Anzahl von Individuen am Winterwirt zurückbleibt und so eine Reserve bildet. Andere Arten haben den Wirtswechsel völlig aufgegeben. Das gilt für die auf den Winterwirt beschränkte Grüne Apfelblattlaus und die allein an Kreuzblütengewächsen lebende Mehligke Kohlblattlaus. Trotz ihrer schlechten Startbedingungen im Frühjahr kann man die letztere fast alljährlich an Kohl- und Kohlrabipflanzen beobachten. Deshalb ist sie ein günstiges Objekt für Beobachtungen, besonders auch dadurch, daß bei der Kohlrabernte von größeren Kolonien besiedelte Blätter abfallen, die ein beson-



*Bevölkerungsexplosion auf einem Pflaumenblättchen: Die Mehligke Pflaumenlaus.*



*Eine Marienkäferlarve läuft beutesuchend umher.*

ders bequemes Beobachten und auch Fotografieren ermöglichen.

Zunächst kann man feststellen, daß die von irgendwoher zufliegende Mutter Töchter zur Welt bringt, denen Flügel fehlen. Wer noch nicht sicher im Erkennen einer Blattlaus ist, sollte darauf achten, daß bei den Ungeflügelten Kopf, Brustabschnitt und Hinterleib nicht scharf gegeneinander abgegrenzt sind und dem Hinterleib auch eine deutliche Segmentierung fehlt. Charakteristisch für Blattläuse sind zwei Röhrrchen am Hinterleibsende, aus denen bei Belästigung ein klebriges Sekret abgegeben wird. Bei anderen Arten können diese Röhrrchen viel länger (Rosenblattlaus) oder aber zu kleinen Höckerchen rückgebildet sein. Das mehligke Aussehen rührt von einem Wachspuder her. Er dürfte die Bedeutung haben, den klebrigen Kot abperlen zu lassen, mit dem sich die Tiere vor allem dann, wenn sie auf der Blattoberseite sitzen, zwangsläufig gegenseitig beschmutzen. Bei Arten, die an senkrechten Trieben sitzend den Kot weit wegspritzen können oder denen er von Ameisen geradezu abbetzelt wird, ist ein solcher Schutz unnötig. Für den Kohlblattlauskot interessiert sich keine der Ameisen, wenn in der Nachbarschaft andere Blattlausarten vorkommen.

Eine Kohlblattlaus kann wenigstens 80 Kinder bekommen, die bei günstiger Witterung binnen 14 Tagen selbst Mütter werden. Daher kommt leicht eine Massenvermehrung in Gang, die die Gegenspieler erst dann stoppen können, wenn sich die Entwicklungsbedingungen für die Blattläuse verschlechtern. Aber ohne große Mühe läßt sich abschätzen, was ohne die Blattlausvertilger geschehen würde. Von ihnen sind folgende leicht zu erkennen.



*Umhertastend wird die Schwebfliegenlarve trotz Blindheit unter den Kohlblattläusen aufräumen.*



*Wie gelähmt verhält sich eine Bohnenlaus, sie läßt sich „in aller Ruhe“ von einer Wanze aussaugen.*

**Marienkäfer:** Käfer und Larven führen ein ähnliches Leben. Je nachdem, ob kleinere oder größere Blattläuse gefressen werden, schwankt die Anzahl ihrer Beutetiere. Man kann aber damit rechnen, daß ein Käfer vom Ei bis zum natürlichen Tod nicht weniger als 1000 Blattläuse frißt. Wer einmal den Larven bei ihrer Jagd zugeschaut hat, wird sie zukünftig ebenso sicher erkennen wie die Käfer, von denen regelmäßig mehrere Arten im Garten leben.

**Schwebfliegen:** Die schwarz-gelb oder auch schwarz-weiß gezeichneten Fliegen sind auffällige Blütenbesucher. Für Blattläuse interessieren sie sich nur, wenn sie in den Kolonien ihre Eier unterbringen wollen. Wie andere Fliegenmaden sind die Larven vorn zugespitzt und hinten abgestutzt. Kopf und Beine sind bei ihnen nicht ausgebildet. Manche sind sehr bunt, wobei sie die Buntheit den Eingeweiden verdanken, die durch die Körperdecke hindurch deutlich erkennbar sind. Ihre Opfer ertasten Schwebfliegenlarven unter Schwenkbewegungen des vorgestreckten Vorderendes. Die Verpuppung erfolgt in tropfenförmigen Hüllen.

**Florfliegen:** Auf der Suche nach einem Winterquartier fliegen im Herbst oft gelblich gefärbte Insekten mit großen, netzartig geaderten Flügeln in die Wohnungen ein. Sie haben ebenso wie das Laub eine Herbstfärbung angenommen, werden im Frühjahr aber wieder grün. Ihre Vierflügligkeit unterscheidet sie eindeutig von den Fliegen, mit denen sie nicht verwandt sind. Im Sommer begegnet man Florfliegen ebenfalls auf Blüten oder in Blattlauskolonien, denn einige Arten sind zeitlebens Räuber,



*Kaum aus einem anderen Gelege geschlüpft, beginnt diese winzige Wespe ihrerseits Schmetterlingseier zu belegen.*



*Eine einzeln lebende Faltenwespe hat ein Schilfbündel angenommen, in das sie kleine Raupen als Nahrung für ihre Larven einträgt.*

während bei anderen Arten nur die schlanken Larven mit ihren Saugzangen die Opfer aussaugen. Manche Arten tarnen sich mit leeren Blattlaushäuten, die sie an ihren langen Hakenborsten aufhängen.

Noch viele weitere Insekten stellen den Blattläusen nach, die geflügelten Tiere beispielsweise fallen in großer Anzahl Spinnen zum Opfer. Keiner der Blattlausfresser ist seinerseits vor räuberischen Insekten, Spinnen oder Vögeln sicher. Sammelt man beispielsweise Puppen von Marienkäfern und beobachtet zu Hause ihre weitere Entwicklung, wird man früher oder später außer den erwarteten Marienkäfern auch einmal Fliegen oder kleine Wespen schlüpfen sehen.

Noch einfacher kann man das Wirken von Raubparasiten dort beobachten, wo sie die Blattläuse angreifen. Inmitten der unter ihrem Wachs-puder graugrünen Blattläuse gibt es nach einiger Zeit braune oder silbriggraue „Mumien“. Das sind ziemlich feste Kapseln, die aus der leergefressenen Blattlaushaut und einem sie auskleidenden Gespinst bestehen, das von einer Blattlausschlupfwespenlarve gesponnen wurde. Schneidet man ein Blattstückchen mit solchen Mumien aus, kann zuhause mit einer Lupe bequem beobachtet werden, was weiter geschieht.

An einem der nächsten Tage bohren sich spitze Kiefer durch die Mumienhaut und schneiden eine kreisförmige Öffnung, bis sich ein Deckel aufklappen läßt, worauf sich eine schlanke Wespe durch die Öffnung zwängt. Handelt es sich um ein Weibchen, wird es sich sehr bald auf die Suche nach Blattläusen begeben, die man ihm in einem Zuchtgefäß an-

bieten kann. Hat man genug Wespen, um entfliegenden nicht nachzutauern, kann man auch versuchen, eine Wespe auf einem in der Hand gehaltenen Blatt zur Eiablage zu bewegen. Ist man erfolgreich, sieht man sie wieder und wieder den Hinterleib zwischen den Beinen hindurch nach vorn biegen und damit eine Blattlaus anstechen. Dazu wird jeweils kaum eine Sekunde benötigt.

Mit unseren Beobachtungen hätten wir in den Nachmittagsstunden allerdings wenig Glück. Das in den frühen Morgenstunden beginnende Schlüpfen ist am frühen Vormittag bis auf wenige Nachzügler abgeschlossen. Bis Mittag sind auch fast alle Eier „verschossen“, und der nächste Schub ist erst am folgenden Morgen reif. Insgesamt legt ein Weibchen etwa 200 Eier.

Möglicherweise läuft auch alles anders, aber das ist dann nicht minder interessant. Vielleicht nagt die schlüpfende Wespe ein unregelmäßig begrenztes Schlupfloch, statt einen Deckel herauszuschneiden. Die grünen, schwarzen oder gelbbraunen Wespen, die in diesem Fall schlüpfen, können zu den Erz-, Zehr- oder Gallwespen gehören und haben nur gemeinsam, daß sie Parasiten (oder Raubparasiten) der Blattlausschlupfwespen sind. Solche Parasiten von Parasiten nennt man auch Hyperparasiten. Die einen belegen noch lebende Blattläuse, denen wir selbst noch nicht ansehen können, daß sie bereits eine Parasitenlarve beherbergen, die anderen Blattlausmumien. Die letzteren können auch Parasiten der ersten Gruppe angreifen. Im Innern einer Blattlaus gäbe es damit drei durch je eine andere Art vertretene Glieder einer Nahrungskette!

Wer längere Zeit die Entwicklung der Kohlblattlaus verfolgt, entdeckt wahrscheinlich eines Tages an den Kohlblättern auch Eigelege, namentlich solche der Kohleule, deren Eier am oberen Pol einen violetten Fleck und etwas tiefer einen Ring gleicher Farbe tragen. Auch leuchtend gelbe Gelege aus schlanken, aufrecht stehenden Eiern sind zu erwarten. Sind sie glatt, stammen sie von Marienkäfern. Tragen sie wie die der Kohleule Längsrippen, handelt es sich um Gelege des Großen Kohlweißlings.

Bei den beiden Schmetterlingen färben sich die Eier nicht selten zunächst fleckweise, dann vollständig schwarz. Statt der erwarteten Raupen schlüpfen dann winzige parasitische Wespen, die oft ein Massenauf-treten der Raupen verhindern. In der Jugendentwicklung eines Schmetterlings folgen meist Ei-, Raupen- und Puppenparasiten aufeinander, und auch hier gibt es Hyperparasiten. Die Parasitenkomplexe sind daher noch artenreicher als die der Blattläuse.

Die Beschäftigung mit den Parasiten läßt ahnen, wieviele Insekten es in einem Garten gibt, die man normalerweise nicht beachtet.

## Naturschutz im Garten

Nicht weniger interessant ist es, den Bienen im Garten Aufmerksamkeit zu schenken. Wer etwa glaubt, sie seien nur durch Honigbienen und Hummeln vertreten, sollte einmal genau hinsehen. Honigbienen und Hummeln tragen die Pollen in dicken „Höschen“ an den glatten Schienen der Hinterbeine nach Hause. Bei den anderen Arten wird er von langen Sammelhaaren festgehalten.

Da gibt es die stark behaarten, kräftigen Pelzbienen und eine ganze Anzahl Arten, die sich schon durch geringe Größe leicht von der Honigbiene unterscheiden lassen. Die meisten transportieren den Blütenstaub an den Hinterbeinen, manche aber in einer Bauchbürste. Es gibt ferner kleine Arten, die nichts zu tragen scheinen, weil sie den Pollen noch in ertümlischer Weise verschlucken.

Mit Ausnahme der Hummeln sind die Wildbienen solitär, einzeln lebend, das heißt, jedes Weibchen betreut seine Brut allein. Nachdem es einen Futtermittelvorrat für die Larven in die Zellen eingetragen hat und die Eier abgelegt sind, stirbt es, ohne die Nachkommen kennenzulernen. Diese bleiben in der Regel nach Verbrauch des Futters bis kurz vor der Flugzeit des Folgejahres unverpuppt. Die Flugzeit ist für jede Art typisch, sie unterscheidet sich bei den einzelnen Arten, die einander ablösen.

Aber wo haben all diese Bienen ihre Nester? Bodenbrüter, die oft Kolonien bilden, können in schütterem Rasen, aber auch auf Wegen oder weiter entfernten Ödflächen ihre an ausgeworfenen Sandhäufchen erkennbaren Nester anlegen. Andere Bienen brüten in Lehmhöhlen, in morschem Holz, in abgeschnittenen Ruten oder Schilfhalmern. Welches reiche Bienenleben gab es früher in alten Gebäuden mit Lehmwänden, „wurmstichigen“ Balken und Schilfdächern!

Für manche Arten kann man den Mangel an geeigneten Niststätten leicht beheben. Bündel von Schilfhalmern (beim Zuschneiden beachten, daß die Knoten nicht durchnagt werden können) und Klötze oder Aststücke aus hartem Holz, die mit 1,2 mm bis 8 mm weiten und möglichst tiefen Bohrungen versehen werden, sind schnell angefertigt. Die Klötze sollten noch ein Regendach erhalten und an einer sonnigen Stelle aufgehängt werden, während man die Schilfhalmern einigermaßen waagrecht irgendwo ein- oder unterschieben kann. Im zeitigen Frühjahr ist die Mühe kaum vergebens. Im Hochsommer ist die Annahme durch Bienen nicht mehr so sicher, da siedeln sich in den Nisthilfen eher Grabwespen an, die uns jedoch nicht minder willkommen sein sollten. Bodenbrütern kann man vielleicht eine kleine Lehmwand bauen. In jedem Falle sollte

man berücksichtigen, daß nur langfristig an ihrem Ort belassene Nisthilfen einen Wert haben, da die letzten Bewohner noch nicht geschlüpft sind, wenn eine früher fliegende Art schon längst die neue Brut angelegt hat.

Zum Schutz der Wildbienen kann man auch dadurch beitragen, daß man andere Menschen dafür interessiert und ihnen zeigt, wie stark sie an der Blütenbestäubung beteiligt sind. Dadurch läßt sich eine unbedachte Zerstörung ihrer Nester oft verhindern.



*Leuchtspuren.* An manchen Sommerabenden kann man – zum Beispiel auf dem Campingplatz – mit Hilfe eines Fernglases an Straßenlampen ein faszinierendes Schauspiel beobachten, von dem man nichts ahnt, solange man nicht zufällig darauf aufmerksam wurde. Bemerkte man, daß Nachtschmetterlinge um eine Lampe flattern, stellt man sich mit seinem Glas so auf, daß die Lichtquelle durch ihren Pfahl oder Schirm verdeckt und man nicht geblendet wird, aber ihre unmittelbare Umgebung im Gesichtsfeld hat. Meist sind die großen Nachtfalter nicht allein, sondern von Kleinschmetterlingen und vielen anderen Insekten begleitet, in Gewässernähe vor allem von Zuckmücken, Eintags- und Köcherfliegen. Sind die Bedingungen günstig, erledigt sich die nahe liegende Frage, was es daran zu sehen geben soll, von allein: Auf einmal hat man ein märchenhaftes Feuerwerk leuchtender Flugbahnen vor sich. An Leuchtstofflampen sind es gestrichelte Leuchtspuren, als ob die Insekten strahlende Blinklichter hätten, die sie regelmäßig aufblitzen lassen. Warum wohl? Die Insekten ermöglichen uns, etwas wahrzunehmen, das uns sonst infolge der „Trägheit“ der Augen verborgen bleibt: die aufgrund der Wechselladung sich regelmäßig ändernde Leuchtkraft der Lampe.

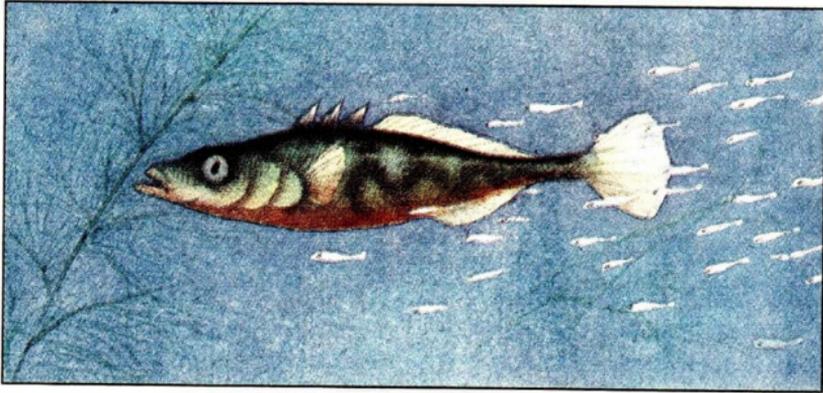


*Geschlechtsbestimmung.* Wohl bei den meisten Schildkröten ist das Geschlecht nicht durch die Befruchtung festgelegt, sondern von der während der Eientwicklung herrschenden Temperatur abhängig. Als man den Bruterfolg vom Aussterben bedrohter Arten durch Einsammeln und künstliches Erbrüten der Eier zu sichern versuchte, erhielt man daher zunächst meist nur eines der beiden Geschlechter.



*Samenausbreitung.* Im Amazonengebiet sind viele Fische auf Blätter, Samen und Früchte angewiesen, die von den Bäumen in die Bäche fallen, oder die sie im überschwemmten Wald finden. Dabei tragen sie ebenso zur Samenausbreitung bei wie in anderen Gebieten Vögel und Säugetiere.

## Von Vätern mit Mutterpflichten



### *Brutpflege senkt die Kindersterblichkeit*

Zu den schönsten Beobachtungen, die man an Haustieren, im Zoo oder in der freien Natur machen kann, gehört die Fürsorge von Tiermüttern für ihre Kinder, bei der sie unter natürlichen Bedingungen nicht selten das eigene Leben aufs Spiel setzen. Darüber wird allzu leicht vergessen, daß sich die Mütter bei den meisten Tierarten überhaupt nicht um den Nachwuchs kümmern. Die weiblichen Tiere der Wirbellosen haben in der Regel ihre biologische Pflicht mit der Ablage der Eier erfüllt, und viele sind längst tot, wenn die nächste Generation daraus schlüpft. Auch die Mehrzahl der Fische, Lurche und Kriechtiere treibt keine Brutpflege; statt dessen verschwenden diese meist eine ungeheure Anzahl von Eiern, weil es schon bei diesen oder den daraus geschlüpften Jungtieren viel höhere Verluste gibt als bei denen brutpflegender Arten. Wäre es anders, wären die „sorglosen“ Arten längst ausgestorben.

Viele Fische produzieren alljährlich viele Tausende Eier und bei großen Karpfenweibchen können es bis 1,5 Millionen werden. Auch die Riesenschnecke des Pazifik ist Eimillionär. Bei Insekten sind meist einige hundert Eier nötig, um das Elternpaar zu ersetzen, manche Arten brauchen dazu aber auch mehrere tausend oder gar einige zehntausend. Noch viel höher liegt die Eizahl bei den staatenbildenden Insekten, bei denen ein Weibchen oft für Tausende oder Zehntausende unfruchtbarer Weibchen eintritt. Bei der Honigbiene werden im Laufe des Lebens 750 000 und mehr, und bei manchen Ameisen und Termiten Millionen Eier abgelegt.



*Zu den Tieren, deren Brutpflege man in jedem Garten beobachten kann, gehören Wolfsspinnen. Zunächst trägt die Mutter die eingesponnenen Eier umher, dann eine Weile die auf ihren Rücken kletternden Kinder.*



*Grabwespen, die auf bestimmte Beutetiere spezialisiert sind, leisten bei Nestbau, Beutesuche und -transport Schwerarbeit, erhalten ihre Art aber mit etwa einem Dutzend Eiern. Hier eine häufige Art, die Fliegen fängt.*

Im allgemeinen ermöglicht die Betreuung der Brut durch die Mutter eine drastische Verringerung der Nachkommenzahl. Aber manchmal haben auch fürsorgliche Väter daran einen bedeutenden und oft übersehenen Anteil. Als besonders interessant erscheinen diejenigen, die nicht nur bei der Pflege der Jungen mithelfen, wie es bei Vögeln die Regel ist, sondern darüber hinausgehende Pflichten erfüllen. Auf manche von ihnen ist die Sorge für den Nachwuchs sogar vollständig übergegangen.

### *Fischväter sorgen für den Nachwuchs*

Heutzutage werden am Bildschirm häufig tierische Verhaltensweisen gezeigt, deren Beobachtung ursprünglich nur unter großer Mühe möglich war, und deren Beschreibung oft als Sensation für die Wissenschaft galt. Es mag fast 50 Jahre her sein, als ein „Kulturfilm“ genug Aufmerksamkeit erregte, um zum Tagesgespräch zu werden. Sein Höhepunkt war die Geburt beim Seepferdchen. Nicht nur, weil ein solcher Vorgang zum ersten Mal in allen Einzelheiten miterlebt werden konnte, sondern weil es der Vater war, der die Jungen zur Welt brachte! Denn bei der Paarung, die es bei Fischen nur ausnahmsweise gibt – da der Laich sonst erst nach seiner Ablage besamt wird – hatte das Weibchen die Eier in den Brutbeutel

an der Schwanzunterseite des Männchens geschoben. Hier hatten sie sich im Verlaufe von etwa vier Wochen entwickelt, ehe die Jungen unter krampfartigen Bewegungen des Vaters ins Freie gelangten. Ähnliche Vorgänge sind bei den verwandten Seenadeln an der Nord- und Ostseeküste zu beobachten.

Väterliche Fürsorge kann man bei Fischen leicht selbst beobachten. Dazu setzt man in ein gut bepflanztes unbeheiztes Aquarium, bei dem man bei ausreichender Größe auf Filterung und Belüftung verzichten kann, ein Männchen und mehrere Weibchen des Dreistachligen Stichlings. Stichlinge sind in allen möglichen Binnengewässern und in Nord- und Ostsee so häufig, daß ihre Beschaffung kaum Schwierigkeiten bereitet. Im Gegensatz zu fast allen anderen Fischen vertragen die aus der See stammenden Stichlinge ein Umsetzen in das Süßwasseraquarium. Gefüttert wird mit Wasserflöhen und Insektenlarven.

Im April und Mai verrät das prächtige Hochzeitskleid der Männchen, daß die Paarungszeit angebrochen ist. Die Rotfärbung ihrer Kehle ist ein wichtiger Auslöser für das richtige Verhalten der legebereiten Weibchen. Überzählige Männchen, die verspätet als solche zu erkennen sind, sollte man wieder aussetzen, um unnötigen Streit zu vermeiden.

Zunächst baut das Männchen aus Pflanzenteilen und Fasern am Bekingrund ein Nest, dem es mit einem klebrigen Sekret aus den Nieren die nötige Festigkeit verleiht. Ist das Werk vollendet, wird ein legebereites Weibchen durch bestimmte Bewegungsabläufe teils gelockt, teils gedrängt, in das Nest einzuschwimmen, wo es nach einigen Schnauzenstößen des Männchens 80 bis 100 Eier ablegt. Oft wiederholt sich der gleiche Vorgang mit einem 2. und 3. Weibchen. Danach haben die Weibchen nichts mehr in der Nähe des Nestes zu suchen, und man sollte sie gegebenenfalls herausnehmen.

Jetzt beginnt für den Stichlingsmann das Hüten der Brut. Dazu gehört die Verteidigung der Nestumgebung, aber auch die Versorgung mit sauerstoffhaltigem Frischwasser, das mit den Brustflossen herzugefächelt wird. Nach 6 bis 10 Tagen liegen statt der Eier Jungfische im Nest, die zunächst von der im Dottersack verbliebenen Nahrungsreserve zehren. Ehe die Vaterpflichten enden, finden sie einen neuen Höhepunkt, wenn die Jungen das Nest verlassen. Entfernen sie sich bei ihren Ausflügen allzu weit, werden sie anfangs vom Vater eingesaugt und ins Nest oder in dessen nächste Umgebung zurückgespuckt. Schließlich wird der Jungfischschwarm im Aquarium spazierengeführt. Aber wenn es soweit ist, erlischt der Brutpflgetrieb sehr schnell, und der Vater beginnt, auch den bisher so hingebungsvoll betreuten Nachwuchs als Beute anzusehen.

## *Erfinderische Frösche*

Vom Harz und von Westthüringen bis nach Spanien ist in manchen Gegenden die Geburtshelferkröte gar nicht selten. Es bedarf aber erheblicher Mühe, um ihr nächtliches Treiben beobachten zu können. Zwar machen die Tiere durch Rufe auf sich aufmerksam, die ihnen den Zweitnamen Glockenfrosch eingetragen haben, doch reagieren sie sehr empfindlich auf Erschütterungen, so daß die unbemerkte Annäherung nicht leicht ist. Von der Kaulquappenzeit abgesehen, sind sie so weitgehend zum Leben auf dem Lande übergegangen, daß sie sich im Gegensatz zu allen anderen heimischen Froschlurchen auch außerhalb des Wassers paaren. Die durch einen Gallertfaden verbundenen Eier werden dabei in üblicher Weise erst nach der Ablage besamt. Dann wickelt sich das Männchen die Eischnur in einer ziemlich mühseligen Weise um die Hinterbeine. Womöglich übernimmt es noch das Gelege eines zweiten und dritten Weibchens.

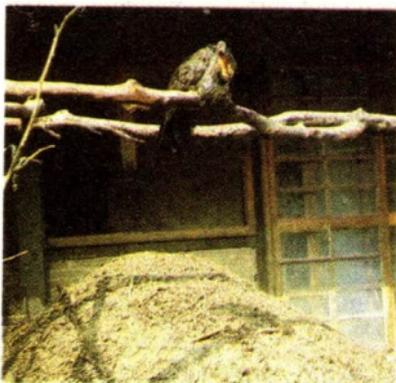
In Abhängigkeit von der Temperatur beträgt die Tragzeit der Väter zwei bis sieben Wochen. Bemerken sie die Schlüpfbereitschaft der Larven, begeben sie sich zum Wasser. Wasserkontakt ist ein Signal, das die meisten Kaulquappen schon nach wenigen Minuten zum Ausbrechen aus dem Ei veranlaßt. Sind die letzten Larven geschlüpft, befreit sich der Vater von den Eischnüren und kehrt an Land zurück.

Der Erfolg einer solchen Brutpflege scheint hervorragend bestätigt, vergleicht man die bei der Geburtshelferkröte zur Arterhaltung ausreichende geringe Eizahl mit der anderer Froschlurche: Die Weibchen legen hier zwei- bis dreimal jährlich 30 bis 40 Eier, im Mittel also insgesamt etwa 100. Dagegen sind es bei anderen Kröten einige tausend Eier (Erdkröte 3000 bis 8000, Kreuzkröte 3000 bis 10000, Wechselkröte 2000 bis 15000). Aber so einfach ist die Beweisführung doch nicht, denn bei der mit der Geburtshelferkröte näher verwandten Rotbauchunke erhält sich die Art trotz Fehlens von Brutpflege mit höchstens 300 Eiern je Weibchen und Jahr.

Dort, wo Froschlurche völlig vom Wasser unabhängig wurden, gibt es eine noch weitergehende Brutpflege der Männchen. So bewachen die Seychellenfrösche zunächst die am Waldboden abgelegten kleinen Eihäufchen. Die kleinen Kaulquappen bringen es dann fertig, den Vater zu erklettern und sich, von einem väterlichen Hautsekret unterstützt, an ihm festzuhalten. Zu fressen gibt es dort nichts, doch reicht der von der Mutter mitgegebene Dottervorrat für ihre Entwicklung aus. Auffallend ist dabei, daß die Kaulquappen noch ihren langen Ruderschwanz behal-



*In Mitteleuropa hat als einziger Froschlurch die Geburtshelferkröte eine hochentwickelte Brutpflege.*



*Seinem Instinkt folgend hat ein naher Verwandter des Thermometervogels im Zoo Schwerarbeit geleistet.*

ten. Wahrscheinlich ist seine große Oberfläche für die anfängliche Hautatmung unentbehrlich. Auch bei den im tropischen Amerika beheimateten Baumsteiger- oder Farbfröschen gibt es kaulquappentragende Männchen, aber hier werden die Larven wohl stets früher oder später zum Wasser getragen.

Die von Darwin entdeckten Nasenfrösche Chiles und Patagoniens kommen auf eine andere Weise ohne ein Brutgewässer aus. Hier hüten mehrere Männchen gemeinsam die 20 bis 40 von einem Weibchen abgelegten Eier. Wenn sich darin die Keime zu bewegen beginnen, schnappt sich jedes Männchen einige Eier und läßt sie in seine große Schallblase gleiten. Dort entwickeln sich die Kaulquappen, und eines Tages verlassen fertige Frösche den Mund des Vaters. Nun kann er wieder singen und sich um eine neue Brut bewerben.

### *Vom Vater bemuttert*

Von den Säugetieren gibt es nicht allzuviel Rühmliches zu unserem Thema zu berichten; die Väter haben nach der Paarung meist keine rechte Aufgabe, und die Tragzeit kann Monate dauern. Auch nach der Geburt gibt es für die männlichen Tiere nur beschränkte Möglichkeiten, etwas für den Nachwuchs zu tun, denn die Jungen brauchen Milch, die ihnen nur die Mutter geben kann. Dem geringen Spielraum für die Betä-

tigung der Männchen ist es wohl zuzuschreiben, daß die Auslese weit weniger zu einer anhaltenden Paarbindung geführt hat als bei den Vögeln. Daher ist es oft auch ganz ungewiß, wer der Vater eines Wurfes ist. So fühlt sich bei Antilopen kein Bock veranlaßt, helfend einzugreifen, wenn eine Mutter verzweifelt versucht, ihr Kind vor einer Großkatze oder Hyäne zu schützen.

Relativ viel kümmern sich die Väter der Hundartigen um ihre Jungen oder die des ganzen Rudels, für die sie Futter herantragen. Und dann gibt es noch das merkwürdige Verhalten der südamerikanischen Krallenäffchen, bei denen die Mutter sehr bald dem Vater das Tragen der Kinder überläßt. Auch deren ältere Geschwister beteiligen sich bereitwillig daran. Die Mütter übernehmen die Kleinen nur vorübergehend, wenn es wieder einmal Zeit ist, sie zu säugen. Die Väter füttern die Jungen schließlich noch eine Weile, wenn die Mutter sie nicht mehr trinken läßt. Der Pflgetrieb der Männchen ist oft so stark, daß sich in menschlicher Obhut befindende Krallaffen oft sogar das Recht erstreiten, zeitweilig die Jungen artfremder Käfigmitbewohner umherzuschleppen.

### *Brüten und Hüten ist Männersache*

Auf Vogel Männchen entfällt im allgemeinen ein instinktmäßig festgelegter Anteil an Nestbau, Brut und Nahrungsbeschaffung. Daß das nicht ausnahmslos zutrifft, kann man an Enten beobachten. Einen prächtig gefärbten Erpel wird man weder auf den Eiern sitzen noch Junge führen sehen. Ganz anders verhält sich das „Beuteltier unter den Vögeln“, das Zwergbinsenhuhn aus Süd- und Mittelamerika, das mit der heimischen Bleßralle (Bleßhuhn) verwandt ist. In alten Auflagen von Brehms Tierleben kann man lesen, daß ein Naturforscher 1833 zu seiner Überraschung unter dem Flügel eines geschossenen Männchens ein noch nacktes Junges fand. Doch die Beobachtung geriet in Vergessenheit und rund 140 Jahre später galt ihre Wiederholung als Sensation. Jetzt erfuhr man Genaueres: Während andere Vögel vergleichbarer Größe 18 bis 22 Tage brüten, sitzt das Zwergbinsenhuhn nur 10 bis 11 Tage auf den Eiern, aus denen unterentwickelte und noch kaum bewegungsfähige Junge schlüpfen. Es wird daher vermutet, daß der Vater sie gleich in Tragtaschen befördert, die nur das Männchen besitzt. Diese Taschen liegen unter den Flügeln; dort sind die Jungen auch beim Tauchen und selbst bei meist nur kurzen Flügen sicher geborgen.

Auf allen drei Südkontinenten leben große Laufvögel. Die Weibchen des Straußes beteiligen sich in unterschiedlichem Maße an der Brut und der Führung der Jungen, aber die Hauptrolle spielen dabei die Hähne. Oft ziehen sie mit großen Kinderscharen umher, da sie gerne fremde Küken adoptieren. Beim australischen Emu, den Kasuaren Australiens und Neuguineas sowie bei den südamerikanischen Nandus ist das Brutgeschäft dagegen ganz auf die Männchen übergegangen. Im Zoo brüten manche Emus so hingebungsvoll, daß sie während der 52 bis 60 Tage dauernden Brutzeit keine Nahrung aufnehmen. Auch bei den neuseeländischen Kiwis und den wohl mit den Nandus verwandten, noch flugfähigen Steißeihnern Süd- und Mittelamerikas sind Brut und Führen der Jungen reine Männersache.

Eine Erklärung für die merkwürdigen Familienverhältnisse der Laufvögel und Steißeihner fehlt. Bei anderen Vögeln ist es eine eindeutige Anpassung an die Anforderungen der Umwelt, wenn der Vater wenigstens zeitweilig allein die Pflege des Nachwuchses übernimmt. Der leider selten gewordene Ziegenmelker kehrt ebenso wie der Mauersegler erst um den 1. Mai aus dem Winterquartier zurück und ist nicht vor Anfang Juni zur Brut bereit. Im August wird aber bereits die Rückreise nach Afrika angetreten. Daher reicht die Zeit nicht für eine normale Betreuung zweier Bruten aus. Zwei Bruten sind jedoch dadurch möglich, daß der Vater die Aufzucht der Jungen der ersten Brut nach etwa zwei Wochen allein übernimmt, während die Mutter auf dem zweiten Gelege sitzt. Das beschäftigt den Vater etwa 20 Tage lang, genau bis zu dem Tag, an dem die Küken der zweiten Brut schlüpfen.

Bei zwei hoch im Norden brütenden Strandläufern, dem Temminckstrandläufer und dem Sanderling, übernimmt das Männchen die erste Brut von Anfang an, während das Weibchen gleich auf das erste Gelege ein zweites folgen läßt, das es selbst ausbrütet. Für den Mornellregenpfeifer, der hauptsächlich in der Tundra, vereinzelt aber auch in Mitteleuropa brütet, wurde lange Zeit angegeben, daß lediglich die Männchen brüten und die Jungen betreuen. Das ist zwar die Regel, doch wurden davon auch Ausnahmen bekannt.

Eine zoologische Kuriosität ist die Brut der Großfußhühner, die in Australien und auf vielen Inseln des indomalaiischen Archipels zu Hause sind. Manche Großfußhühner verscharren die Eier einfach im Sand, wie es einst die Reptilien taten. Andere nutzen für die Brut vulkanisch erhitzten Boden. Machen sie sich das Leben leicht? Bei einigen der zwölf Arten ist beim Verzicht auf das übliche Brüten alles andere herausgekommen als eine Arbeitersparnis oder „Rationalisierung“. Einige Wo-

chen auf den Eiern zu sitzen, wäre wahrlich einfacher als das, was beispielsweise der australische Thermometervogel auf sich nimmt, den man wahrlich als Außenseiter-Schwerstarbeiter bezeichnen kann und dessen Weibchen nur in bescheidenem Maße mitarbeitet. In knappen Worten dargestellt, sieht der „Jahresarbeitsplan“ der vielbeschäftigten Vögel etwa so aus:

Mai (in Australien ist es Herbst)

Männchen und Weibchen scharren einen 60 cm bis 90 cm tiefen Nestkrater

Juni und Juli

Anlage eines etwa 50 cm hohen Haufens aus Eukalyptusblättern und -zweigen, der 5 m Durchmesser erreichen kann. Das Weibchen arbeitet nicht mehr mit und frißt sich Fettreserven an

August (bis Dezember)

Auftragen einer bis zu 90 cm starken Sandschicht auf das Pflanzenmaterial

September

Beginn der 5 bis 6 Monate anhaltenden Eiablage, bei der etwa 20 große Eier gelegt werden, in denen sich in 7 bis 10 Wochen die Jungen entwickeln. Für jedes Ei scharrt der Mann eine vorbereitete Eikammer frei, wobei er 1 m<sup>3</sup> bis 2 m<sup>3</sup> Sand bewegen muß. Durch Gären des Pflanzenmaterials Anstieg der Temperatur im Bruthügel

September bis Dezember

„Heizperiode“. Das Männchen ist mit der Regulierung der mit der Zunge (wahrscheinlich auf 0,1°C genau) gemessenen Temperatur auf 32°C bis 35°C beschäftigt. Bei Überhitzungsgefahr werden Schächte zur Ableitung der Wärme angelegt. Bei Zunahme der Außentemperaturen (im Hochsommer bis 46°C) werden die Eier morgens mit nachts ausgebreitetem und dadurch abgekühlten Sand bedeckt. Abklingen der Gärungswärme, stärkere Ausnutzung der Sonnenwärme

Februar und März

In der Mittagszeit werden die Eier zur vollen Ausnutzung der Sonnenwärme freigelegt, nachts zum Schutz vor Abkühlung mit einer dicken Sandschicht bedeckt

Ende März

Die Wärmequellen (Gärung und Sonne) reichen nicht mehr aus, die Temperaturregulation bricht zusammen, die Vögel wandern ab und verbringen einen höchstens zweimonatigen „Urlaub“ vom Brutgeschäft.

Die Küken wurden in der Übersicht nicht erwähnt, weil sie nach und nach einzeln schlüpfen. Dabei müssen sie sich mitunter aus 1 m Tiefe nach oben wühlen. Von den Eltern werden sie dabei nicht unterstützt. Sie lernen diese meist nicht einmal kennen, und wenn, sollen sie vor ihnen flüchten wie vor einem gefährlichen Feind. Im Gegensatz zu allen anderen Vögeln und Säugetieren sind sie schon am ersten Lebenstag selbständig. Sie können sofort etwas flattern und binnen 24 Stunden auf niedrigen Ästen aufbaumen!

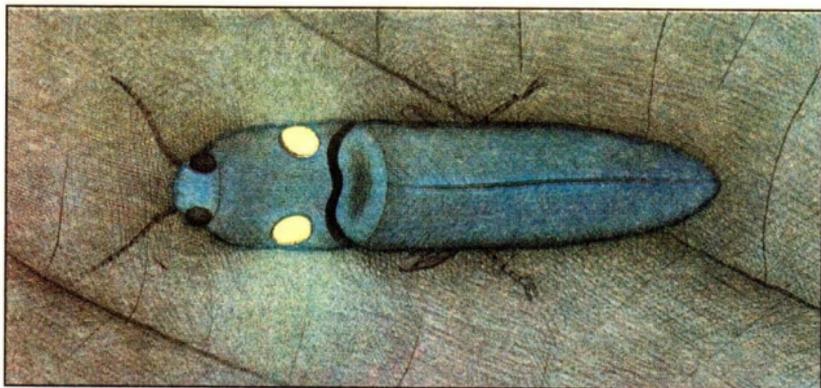


*Eichelhäher.* Nach Untersuchungen in den Niederlanden liefert die Stiel-Eiche den Hauptteil der pflanzlichen Nahrung des Eichelhähers. Jeder Häher verzehrt und versteckt Tausende von Eicheln. Für Ferntransporte werden mehrere Eicheln verschluckt, besonders große werden zusätzlich (wie sonst bei Nahtransporten) im Schnabel mitgenommen. Meist werden die Eicheln gut verteilt einzeln vergraben. Sichtmarken ermöglichen es, sie selbst nach Schneefall wiederzufinden. Von 369 Sämlingen waren mit Sicherheit 59%, wahrscheinlich aber 87% vom Eichelhäher gepflanzt. Im Frühjahr holt sich der Eichelhäher – ohne die jungen Pflanzen dadurch zu schädigen – die Keimblätter als Futter für die Jungen. Für den Fortbestand der Eichen ist nicht nur die Ausbreitung ihrer Samen von Bedeutung, denn das Vergraben schützt diese vor Verpilzung und Fraß durch andere Tiere. Schließlich wird der Eichelhäher oft durch Fressen und Verfüttern der Raupen des Eichenwicklers nützlich.



*Massenquartier.* In einem indischen Süßwasserschwamm von ganzen 26 ml Volumen fand man einmal 839 Tiere, die seine Hohlräume als Unterschlupf benutzten oder sich von den nahrhaften Brutknospen ernährten. Es handelte sich dabei um Fadenwürmer, Rädertiere, Ruderfußkrebse, Wasserflöhe, Muschelkrebse, Wanzen, Käfer und deren Larven sowie um Zuckmückenlarven. Die Schwammgewebe selbst sind wohl bei allen Arten seit Urzeiten von Bakterien und teilweise auch von Algen besiedelt, die mit ihrem Wirt eine enge Lebensgemeinschaft haben. Bei manchen Schwammarten soll die Masse der beherbergten Bakterien größer sein als die der eigenen lebenden Zellen (also ohne Skelettsubstanz). Ein ähnliches Ausmaß kann die Besiedlung von Korallenpolypen mit Algen haben. Hier liegt das Verhältnis von tierischem zu pflanzlichem Eiweiß nicht selten etwa bei 1:1, und mitunter entsteht der Eindruck, daß sich die Tiere zeitweilig ganz nach Art von Pflanzen ernähren.

## Signale im Tierreich



### Signale aus der Umwelt

Unter Signalen versteht man vielerlei. Licht ist ein Signal, das nicht nur Schläfer weckt, sondern auch physiologische Funktionen tiefgreifend beeinflussen kann. Zunehmende Tageslänge löst die Brutstimmung von Vögeln aus. Werden die Tage kürzer, beginnen Zugvögel Fettreserven als Wegzehrung für den Flug ins Wintergebiet anzulegen. Auch winterschlafende Säugetiere und viele Insekten bereiten sich auf die Winterruhe vor, wenn aus Langtagen Kurztage werden.

Als Wegweiser nutzen viele Tiere den Sonnenstand. Manche werten dafür auch die Polarisationssebene des Himmelslichtes aus, die wir selbst nicht erkennen. Für die Orientierung mancher Zugvögel spielt das Magnetfeld der Erde eine Rolle, und ständig wächst die Liste anderer Tiere, für die irgendeine Reaktion auf seine Kraftlinien nachgewiesen wurde.

In Trockengebieten mit unregelmäßigen Niederschlägen können manche Vögel nur dann Bruten aufziehen, wenn sie sich beeilen, die nach Regenfällen vorübergehend günstigeren Ernährungsbedingungen zu nutzen. Das gilt unter anderem für den als Käfigvogel beliebten Zebrafinken, der oft schon die ersten Schauer als Signal nimmt und nach Nestmaterial zu suchen beginnt.

An der kalifornischen Küste erscheint ein als *Grunion* bekannter Ährenfisch am Ende einer Springflut in Massen an bestimmten Laichplätzen, wo die Weibchen schnell ihre Eier außerhalb des Wassers vergraben, ehe die nächste Welle sie wieder mitnimmt. Während hier die Gezeiten Zeit-

geber sind, richtet sich der berühmte Palolowurm, ein Ringelwurm, nach den Mondphasen. Auf den Samoainseln weiß man seit altersher sehr genau, in welchen Nächten die prall mit Geschlechtsprodukten angefüllten und als Delikatesse geschätzten Hinterenden an der Oberfläche erscheinen. Dort bilden sie eine manchmal meterdicke brodelnde Masse, die körbeweise geschöpft wird.

Das Verhalten der Tiere kann also durch Signale beeinflusst werden, die diejenigen Informationen über die Umwelt ergänzen, die sie in der uns vertrauten Weise ständig über ihre Sinnesorgane erhalten.

Nachfolgend geht es nur um eine bestimmte Auswahl aus den für sie wichtigen Signalen, um Nachrichten von Tier zu Tier, also auch um Tiere als Signalgeber.

## *Lockstoffe*

Tagfalter mit ihren großen, oft leuchtend bunten Flügeln finden ihre Partner mit den Augen. Aber nicht selten ist zu beobachten, daß sie auf eine andere Art „hereinfallen“ und ihren Irrtum erst aus nächster Nähe bemerken. Kein Wunder, denn Insekten sind durchweg kurzsichtig. Wie sollen sich da Männchen und Weibchen der vielen Nachtfalter finden, die nur bei Dunkelheit munter, sehr unscheinbar gefärbt und größtenteils auch für uns schwer unterscheidbar sind?

Der berühmte französische Entomologe (Insektenkundler) Jean-Henri Fabre (1823 bis 1915) bewies wohl als erster, daß hier von den Weibchen ausgesandte chemische Signale den Kontakt herstellen. Er wählte für seine Experimente das Wiener Nachtpfauenauge – auch Großes Nacht-



*Die Mücken eines Schwarmes machen im Abendsonnenschein gleichzeitig eine zuckende Bewegung. Auf einem anderen Foto erkennt man eine scharfe Wendung, ohne daß es zu chaotischen Zusammenstoßen kommt. Wie sie sich in Sekundenbruchteilen verständigen, ist völlig rätselhaft.*



*Die Antenne des Schwammspinnermännchens bieten unzähligen spezialisierten Sinneszellen Platz. Den Weibchen fehlen ihre Verzweigungen.*



*Die Antennen der Mückenmännchen geraten wahrscheinlich in starke Schwingungen, wenn sie den Flugton des Weibchens empfangen und erregen ein Sinnesorgan in der Fühlerbasis.*

pfauenauge genannt – weil bei nah verwandten Schmetterlingen, den Spinnern, eine Anlockung über besonders große Entfernungen bekannt war. Die männlichen Nachtpfauenaugen interessierten sich in den Versuchen auch für eine Schachtel, in der einige Tage zuvor ein Weibchen eingesperrt gewesen war. Andererseits beachteten sie kein Weibchen, das sie hinter Glas sehen, aber nicht riechen konnten. Ein anderer Forscher berichtete, ein Weibchen dieser auch damals seltenen Art hätte in einigen Stunden nicht weniger als 127 Männchen angelockt. Gelegentlich liest man von einer Lockwirkung über mehrere Kilometer. R. Mell, ein im ersten Viertel unseres Jahrhunderts in China tätiger deutscher Lehrer, setzte gekennzeichnete Männchen des mit dem Pfauenauge verwandten Mondspinners in verschiedenen Entfernungen von einem Lockweibchen aus und wies eine Rückkehr über 11 Kilometer nach. Im allgemeinen ist aber höchstens mit einigen hundert Metern zu rechnen, über die Lockstoffe wirksam werden. Die Mondspinner waren vielleicht den größten Teil der Strecke einfach gegen den Wind gewandert, ehe sie die ersten Duftmoleküle wahrnahmen. Beim Flug gegen den Wind sind die Chancen für das Auffinden eines Weibchens ja viel größer als beim ungerichteten Herumsuchen. Bei vielen Schmetterlingen und einigen anderen Insekten spiegelt sich die Bedeutung der Lockstoffe im Bau der Fühler wider, mit denen Duftstoffe wahrgenommen werden. Sie sind beim



*Hier sind Nonnen- und Schwammspinnermännchen einem synthetischen Lockstoff auf den Leim gegangen, der von dem weißen Plastkörper (oben) ausgeht.*



*Am Waldrand steht eine Lockfalle für Borkenkäfer. In solchen Fallen kamen viele andere Insekten um, die das Flughindernis nicht erkennen. Heute hat man Modelle, die fast nur Borkenkäfer fangen.*

Männchen verzweigt oder gefiedert und bieten so viel mehr Sinneszellen Platz als die Fühler der Weibchen.

Seit längerer Zeit werden Insektenlockstoffe sehr intensiv erforscht, und nicht wenige lassen sich bereits synthetisch herstellen. Damit beduf-tete Fallen liefern auf sehr einfache Weise Informationen über Beginn und Stärke des Fluges einer Art, die für die Entscheidung, ob und wann eine Bekämpfung durchgeführt werden soll, sehr wertvoll sind. Die Hoff-nung, daß das Abfangen der Männchen eine Bekämpfung entbehrlich machen könnte, erfüllt sich dagegen kaum.

Auch in anderen Insektengruppen finden sich Männchen und Weib-chen mit Hilfe arteigener Lockstoffe. Auch diese Erscheinung wird zur Bekämpfung von Schaderregern genutzt. In unseren Wäldern kann man seit einigen Jahren auf Borkenkäferfallen treffen, die ebenfalls mit einem nachgemachten Lockstoff präpariert wurden. Hier liegen die Dinge aber etwas anders. Pionierkäfer, die einen geschwächten Baum gefunden ha-ben, locken mit Duftstoffen Artgenossen beider Geschlechter an, so daß es bald zu seiner vollständigen Besiedlung kommt. Das ist biologisch sinnvoll, da der Baum einen schwachen Befall womöglich noch durch Harzfluß abwehren kann. Da hier auch die Weibchen auf den Lockstoff reagieren, ist bei Borkenkäfern eher mit einem Bekämpfungserfolg durch Lockfallen zu rechnen.

## Wegzeichen und Notizen

Wer in einem Dorf oder einem vergleichbaren Stadtrandgebiet lebt, wo die Hunde eine gewisse Freizügigkeit genießen, wird oft Zeuge dessen, daß auch in anderen Tiergruppen Männchen und Weibchen durch Gerüche zusammengeführt werden. Paarungsbereite Hündinnen werden tagelang von Rüden belagert, und bei näherer Bekanntschaft mit den Hunden der Umgebung läßt sich leicht feststellen, daß diese zum Teil von weit her kommen. Bei den meisten Säugetieren kommt es dagegen nicht so sehr auf eine Fernwirkung an, weil die Tiere vergesellschaftet leben oder riechbare Spuren hinterlassen.

Das Hinterlassen von Geruchsspuren bringt auch eine Gefahr mit sich. Trotzdem haben manche Tiere, wie das Reh, besondere Fußdrüsen, die die Duftwirkung der Spur noch erhöhen. Offenbar bietet die riechbare Spur auch Vorteile; dabei ist einerseits wieder an das Zusammenführen von Artgenossen zu denken, andererseits an die eigene Orientierung. Wer wäre noch nicht im Wald umhergeirrt und hätte sich gewünscht, eine zum Ausgangspunkt zurückführende Spur hinterlassen zu haben!

Den gleichen Zweck wie eine automatische Spurlegung können punktförmig angebrachte Duftmarken erfüllen. Auf diese Weise hinterlassen Tiere für sich selbst, für Artgenossen oder für andere Tiere Notizen, die tagelang und auch im Dunkeln lesbar sind.

Schon bei wirbellosen Tieren gibt es Besitzansprüche an bestimmte, als Territorium oder Reviere bezeichnete Gebiete. Dabei kann es sich um den gesamten Lebensraum eines einzelnen Tieres, eines Paares oder einer Gruppe handeln, aber auch lediglich um die unmittelbare Umgebung des Nestes oder Schlupfwinkels.

Für das Kennzeichnen des nur gegenüber Artgenossen erhobenen Besitzanspruches werden die verschiedensten Signale eingesetzt. Am bekanntesten ist der Gesang der Vögel, für den zu Beginn der Brutzeit täglich mehrere „Arbeitsstunden“ aufgewendet werden. Säugetiere, die ursprünglich überwiegend nachtaktive Tiere waren, haben eine weitaus besser entwickelte Nase als die Vögel und im Zusammenhang damit zahlreiche Drüsen, die Duftstoffe produzieren. Das eröffnete den Weg zu einer rationelleren chemischen Markierung des Territoriums. Manche Arten markieren das Innere des Eigenbezirkes, so daß ein Fremder um so häufiger auf Duftmarken stößt, je mehr er sich Ruheplatz oder Kinderstube des Besitzers nähert. Andere kennzeichnen bevorzugt die Grenze. Hier bedeuten die Marken oft „Betreten verboten“ oder „Weitergehen auf eigene Gefahr“.

Bei sehr großen Territorien mag es unmöglich sein, Grenzmarken in ausreichender Dichte anzubringen, und unter Umständen trifft dann ein Fremder erst beim Verlassen des besetzten Bezirkes auf eine Marke. Daher wurde die Vermutung geäußert, die Marken wären nicht immer Sperrzeichen. Sie könnten auch die Bedeutung haben, das geruchlich mit den Geländemarken übereinstimmende Tier bei Begegnungen mit anderen als Territoriumsbesitzer kenntlich zu machen. Dafür spricht die Beobachtung, daß manche Tiere sich selbst markieren und Artgenossen geradezu einladen, bestimmte Stellen ihres Körpers zu beriechen.

So oder so hat der im Territorium Heimische fast immer einen Heimvorteil. Er fühlt sich auf eigenem Grund und Boden sicher, der außerhalb seines Reviers auftauchende oder auf der Suche nach einer freien Stelle eingedrungene Artgenosse unsicher. Kämpfe gehen daher oft zugunsten des Heimischen aus.

Auch Harn und Kot werden als Signalträger genutzt. Harnmarkierung kann man unschwer bei Hunden beobachten. Das große und sehr unterschiedliche Interesse an vorgefundenen fremden Marken läßt darauf schließen, daß sie mehr daraus entnehmen als nur die Information „hier hat ein anderer Hund gepinkelt“. Vermutlich merken sie ganz genau, wer hier wann vorbeigekommen ist, und wahrscheinlich ist das noch nicht alles. Das Beinheben wird als Maßnahme zu einer möglichst hohen Anbringung der Harnmarke angesehen, wodurch diese weniger leicht von Schnee bedeckt oder von Regen weggewaschen wird.

Flußpferde verwirbeln Harn und Kot mit propellerartigen Schwanzbewegungen. Manche Halbaffen fangen den Harn mit den Händen auf und waschen diese damit. Man hat das als eine Möglichkeit angesehen, den Weg durch das Geäst zu kennzeichnen, doch wurde dieser Bedeutung auch widersprochen und eine Verbesserung der Haftung angenommen.

## *Signale für Auge und Ohr*

Über optische und akustische Signale, die gegenüber chemischen den Vorteil haben, daß sie größere Entfernungen viel schneller überwinden, gäbe es sehr viel zu sagen. Obwohl damit Wichtiges und Interessantes übergangen wird, soll nachfolgend vor allem das berücksichtigt werden, was man beim Besuch eines größeren Zoos selbst beobachten kann. Doch zuvor seien Vor- und Nachteile der verbleibenden Möglichkeiten der Informationsübertragung gegenübergestellt:

---

## Akustische und optische Signale

---

Signale	Vorteile	Nachteile
akustische Signale	Reichweite wenigstens im Wald größer als im offenen Gelände; Tag und Nacht einsetzbar; Erreichen auch unaufmerksame und schlafende Tiere; Ausbreitung über Berg und Tal	windabhängig; leichter nachahmbar
optische Signale	weitgehend unauffällig und weniger leicht zu mißbrauchen; wahrscheinlich größter Informationsumfang; nicht windabhängig	Reichweite meist geringer als bei akustischen Signalen; in tiefer Dunkelheit nicht anwendbar; erfordern eine gewisse Aufmerksamkeit des Empfängers; nur gradlinige Ausbreitung

---

Vielleicht hat jemand eine Lücke in der knappen Gegenüberstellung bemerkt: Um den Vergleich nicht zu komplizieren, wurde darin nicht berücksichtigt, daß es sehr viele Tierarten gibt, die aus eigener Kraft oder mit Hilfe der von ihnen in Dienst genommenen Bakterien leuchten.

Gelegentlich bekommt man in einem Aquarium auch davon etwas zu sehen, denn neuerdings hat dort ein Leuchtfisch Einzug gehalten, der im abgedunkelten Raum eindrucksvoll strahlt und mit Hilfe eines über das Leuchtorgan gezogenen Lides auch Blinksignale gibt. Die Mehrzahl der leuchtenden Meerestiere lebt aber in so großer Tiefe, daß eine Aquariumhaltung unmöglich ist. In vielen Fällen kennen wir die Bedeutung des Leuchtens nicht, insbesondere bei blinden wirbellosen Tieren. Nur in Ausnahmen ist das Licht hell genug, um bei der Beutesuche eine Scheinwerferfunktion zu erfüllen. Manchmal wird damit Beute angelockt. Vor allem ermöglicht die Beleuchtung aber das Zusammenfinden von Artgenossen, die sich bei nur dünner Besiedlung des grenzenlosen Raumes sonst kaum erkennen würden. Das Licht hat hier also die gleiche Bedeutung wie der Lockstoff der Schmetterlinge. Das gilt auch für die Leuchtkäfer oder Glühwürmchen, die man in Frühsommernächten beobachten kann.

Wenn auch nicht viel, bietet ein Aquarium für unser Thema doch noch einiges. Lange Zeit glaubte man, daß es nur wenige Ausnahmen von der

Regel gibt, die das Sprichwort „stumm wie ein Fisch“ widerspiegelt. Es gab einfach noch zu wenige Begegnungen in ihrem Lebensraum, und viele Fische sind nur in der Paarungszeit oder in Notsituationen zu hören. Jedenfalls können nicht wenige Arten knacken, schnarren, grunzen, trommeln oder noch andere Geräusche hervorbringen. Große Schwärme von Umlerfischen haben im zweiten Weltkrieg mehrfach die mit Horchgeräten arbeitende U-Boot-Abwehr getäuscht. Von einem an der südamerikanischen Küste gern gegessenen Fisch wird berichtet, daß man schon aus 200 m Entfernung hören könne, wenn er in ein Stellnetz geraten ist. Manche Fische trommeln auf ihrer Schwimmblase oder sie massieren sie so, wie man auch einem Luftballon Geräusche abringen kann. Viele knirschen mit den Zähnen, und damit sind die (oft noch unbekannt) Techniken nicht erschöpft. Wenn man auch ein Froschkonzert nur noch selten in voller Besetzung hört, ist es doch so bekannt, daß hier nichts dazu gesagt zu werden braucht. Es sei jedoch angemerkt, daß Frösche ihre Stimme nicht nur zur Werbung um das Weibchen einsetzen, sondern mit ihr auch drohen, warnen und noch anderes ausdrücken können.

In Anbetracht der vielseitigen Lautäußerungen der Frösche ist es auffallend, daß die Molche und die meisten Kriechtiere fast stumm sind. Damit in Zusammenhang steht, daß die Schlangen taub sind, also Kobras das traditionelle Flötenkonzert der „Schlangenbeschwörer“ gar nicht hören. Das hindert manche Arten jedoch nicht, Geräusche als Drohung einzusetzen, wofür die laut rasselnden Klapperschlangen ein gutes Beispiel bieten.

Zu den wenigen Reptilien, die mit dem Kehlkopf richtige Laute hervorbringen, gehören die Krokodile. Ihre Jungen quaken bereits im Ei so laut, daß sie der Mutter durch eine ziemlich dicke Bodenschicht hindurch mitteilen können, daß es Zeit ist, sie auszugraben. Krokodilmänner lassen in der Paarungszeit ein lautes Gebrüll hören. Auch Geckos haben eine ziemlich kräftige Stimme, und schon mancher Reisende ist in Südasiens nachts durch das Rufen oder Bellen eines Geckos aufgeschreckt worden, der als lebender Fliegenfänger sein Schlafzimmer teilte.

Die meisten Korallenfische tragen so leuchtende Farben und auffällige Muster, daß man annehmen muß, sie hätten einen Vorteil davon, schon aus größerer Entfernung gesehen zu werden und unverwechselbar zu sein. Einer Fahne vergleichbar, markieren sie auf diese Weise ihr Revier. Ein Stück weiter gibt es im Terrarium vielleicht Anolis, die immer wieder ihre bunte Halswamme entfalten. Auch hier handelt es sich weitgehend um die Kennzeichnung des Eigenbezirkes, obwohl sie diesen Schauapparat auch bei der Balz und beim Drohen einsetzen. In vielen Fällen sind

leuchtende Farben bei Lurchen und Kriechtieren Warnfarben, über die bereits auf Seite 81 etwas gesagt wurde.

An Katze und Hund läßt sich gut beobachten, welche Bedeutung Mimik und andere, den ganzen Körper einbeziehende Ausdrucksbewegungen haben können. Noch deutlicher ist die Mimik im engeren Sinn bei den Affen, die des Schimpansen ist auch für uns ohne weiteres verständlich. Menschenaffen müssen ja auf den Schwanz als Signalträger verzichten, mit dem Katze und Hund so viel zu sagen haben. Auch mit den Ohren, die beispielsweise bei Huftieren sehr gut die Stimmung erkennen lassen, ist bei Menschenaffen nicht viel anzufangen. Vielleicht ist bei ihnen und in gewissem Grad auch bei anderen Affen die Gesichtsbehaarung zurückgebildet worden, als die mimische Verständigung eine zunehmende Bedeutung erlangte. Bei den Bären kommen Ohren und Schwanz als Ausdrucksmittel ebenfalls nicht in Betracht, aber im Gegensatz zu den Menschenaffen gleichen sie diesen Mangel nicht durch verstärkte Mimik aus. Im Gegenteil! Deswegen gelten sie in Zoo und Zirkus trotz ihres harmlosen Aussehens als sehr gefährlich, denn ihr Tatzen-schlag kommt ohne Vorwarnung wie der sprichwörtliche Blitz aus heiterem Himmel.

Doch noch einmal zurück zu den Affen: Bei nicht wenigen „niederer“ Affen findet man helle Augenlider oder sonstige helle Zeichnungen im Gesicht. Ihre Bedeutung liegt zweifellos darin, die Mimik im Dämmerlicht des Waldes deutlicher zu machen. Vergleichbares gibt es bei anderen Tieren. Löwe, Tiger, Leopard und einige weitere Katzen tragen auf den Außenseiten der Ohren auffallende schwarz-weiße Marken, die ihre Stellung und die durch sie ausgedrückte Stimmung besser erkennen lassen. Bemerkenswert ist, daß die amerikanischen Tapire und der südasiatische Schabrackentapir trotz sonst ganz unterschiedlicher Färbung den gleichen weißen Saum am Ohrrand haben.

Im Affenhaus oder in einem angrenzenden Freigehege hört man in den Morgenstunden den Gesang der Gibbons, von denen vor allem der Siamang eine durch eine Schallblase verstärkte überaus laute Stimme hat. Gibbons gehören zu den wenigen Säugetieren, die auf diese Weise ebenso wie die Vögel ihre territorialen Ansprüche geltend machen.

Säugetiere und Vögel können auf akustischem Wege natürlich noch zahlreiche andere Informationen übertragen, obwohl sie keine eigentliche Sprache entwickelt haben. Sehr viele Arten warnen vor Gefahren, und nicht wenige verwenden für Luft- und Bodenfeinde unterschiedliche Rufe. Die Grüne Meerkatze warnt zudem vor Schlangen anders als vor Raubtieren und meldet bei diesen sogar Löwe und Leopard unterschied-

lich. Weit verbreitet sind Zischen, Fauchen und Knurren als Drohung, wobei das akustische Signal meist mit einem optischen wie „Größermachen“ durch Aufbuckeln und Sträuben von Haar bzw. Gefieder oder Vorzeigen des Gebisses gekoppelt ist.

Bei einigen in Gruppen lebenden Säugetieren und vielen Vögeln versichern Kontaktlaute jedem einzelnen, daß die anderen noch da sind. Sehr viel gäbe es über die Verständigung zwischen Mutter und Kind zu sagen. Aber sicher ist es auch reizvoll, hier offen gelassene Lücken durch eigene Beobachtungen zu schließen.



**Hartschaligkeit.** Legt man Samen wildwachsender Schmetterlingsblütengewächse, etwa von Wicken oder Lupinen, in einer feuchten Schale zum Keimen aus, entwickeln sich nur wenige Samen. Andere quellen und keimen tagelang nicht: Sie sind ‚hartschalig‘, ihre Samenschale läßt kein Wasser eindringen.

Ritzt oder sticht man dagegen diese Samenschale an, setzt das Quellen sofort ein. In freier Natur liegen hartschalige Samen oft jahrelang im Boden und keimen erst, wenn durch mechanische Verletzung oder durch beginnende Fäulnis die Samenschale wasserdurchlässig wird.

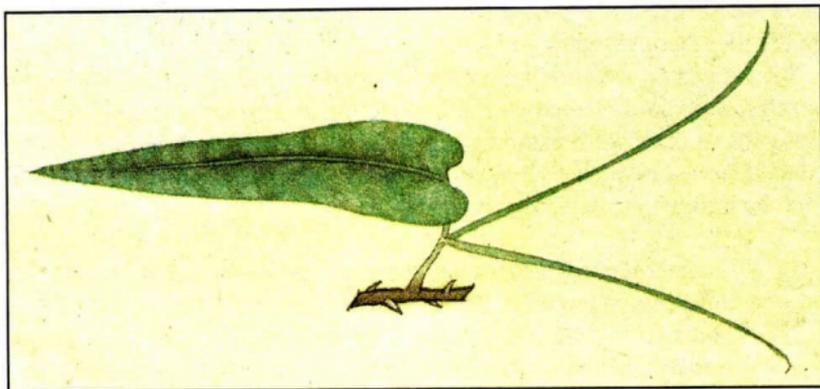


**Eine Pflanze schafft sich Blumentöpfe.** Im tropischen Südostasien wächst die Urnenpflanze *Dischidia*. Neben flachen Blättern bildet sie eigenartige Schlauch- oder Urnenblätter, die etwa zehn Zentimeter lang werden und wie Beutel an den Ästen der Schlingpflanze hängen. Sie werden regelmäßig von Ameisen bewohnt, die Erde und organische Reste eintragen. Auch Feuchtigkeit sammelt sich hier an. So entstehen gewissermaßen „lebende Blumentöpfe“: In jedes Urnenblatt wächst eine sproßbürtige Wurzel hinein, die sich dort reich verzweigt und zur Ernährung der Dischidie beiträgt.



**Holzurm.** Der Holzurm, früher ein gefürchteter Schädling an Möbeln, spielt heute keine wesentliche Rolle mehr: Er ist durch die Insektizide nahezu ausgerottet worden. Gesucht wird er hingegen von Leuten, die falsche Antiquitäten fabrizieren, etwa eine „Madonna aus dem 16. Jahrhundert in Lindenholz“ oder einen „Barockschrank“. Diese Objekte werden vor ihrem Verkauf einige Monate in ein altes Gebäude gestellt, in dem der Holzurm vorkommt, und anschließend mit Insektiziden konserviert. Die Bohrlöcher des Insekts gelten manchen Sammlern als untrügliches Zeichen für das Alter der gekauften Ware.

# Sonnenblumen und Schattenpflanzen



## Ohne Licht kein Leben

Im Sommer blühen in Bulgarien auf riesigen Feldern die Sonnenblumen. Von Osten her bieten sie am Morgen einen herrlichen Anblick, denn sie haben sich alle nach dem Licht ausgerichtet, und auch ihre großen, gelben Körbe sind der Sonne zugewandt. Fast alle Pflanzen reagieren in bestimmter Weise auf Licht, denn sie brauchen es zum Leben. Was das Licht in der grünen Pflanze bewirkt, kann uns ein einfaches Experiment zeigen.



**Nachweis der Photosynthese.** Für das Experiment eignen sich Pflanzen mit flachen, glatten Blättern, zum Beispiel Kapuzinerkresse oder Pelargonien aus dem Balkonkasten. An einem Nachmittag wird ein Blatt der Pflanze mit Alu-Folie eingehüllt. Am nächsten Morgen ersetzt man die Folie auf der Blattoberseite durch ein Foto-Negativ. Es sollte möglichst kontrastreich sein und glatt aufliegen. Dann stellen wir die Pflanze in die Sonne. An den hellen Stellen des Negativs wird das Blatt belichtet, und dort wird nun Stärke gebildet. Am Nachmittag schneiden wir das Blatt ab und weisen die Stärke nach. Dazu wird das Blatt durch kurzes Eintauchen in siedendes Wasser abgetötet und der grüne Farbstoff Chlorophyll durch Einlegen in warmen 96%igen Alkohol (Ethanol) entfernt. Das nun farblose Blatt kommt in eine Lösung von Jod-Kaliumjodid. Dadurch wird die Stärke blauschwarz gefärbt, und auf dem Blatt erscheint deutlich unser gewähltes Foto.

Mit diesem Experiment haben wir die wichtigste Eigenschaft der grünen Pflanzen nachgewiesen. Sie können aus Kohlendioxid und Wasser Kohlenhydrate aufbauen. Die notwendige Energie entnehmen sie unter Mitwirkung von Chlorophyll dem Sonnenlicht. Deshalb läuft dieser Vorgang nur im Licht ab und heißt danach die Photosynthese. Das erste, leicht nachweisbare Produkt der Photosynthese ist die Stärke. Sie wird in den grünen Blättern gebildet und in anderen Pflanzenteilen gespeichert. Kartoffelknollen und Getreidekörner sind zum Beispiel besonders stärke-reich. Damit bilden die Pflanzen die Voraussetzung für das vielfältige tierische Leben und natürlich auch für die Ernährung der Menschen. Nicht nur wertvolle Nährstoffe produzieren die Pflanzen für uns, sie „fangen“ auch die Sonnenenergie ein und speichern sie in diesen Stoffen. Tiere und Menschen wandeln die Energie, die sie mit der Nahrung aufnehmen, wieder um und nutzen sie für eigene Körperfunktionen. Viele Pflanzen liefern uns auch Energie durch direkte Verbrennung, denn schließlich sind Holz, Kohle, Erdöl und Erdgas alle pflanzlichen Ursprungs.

Bei der Photosynthese wird Sauerstoff abgegeben, dadurch wird die Zusammensetzung der Luft relativ konstant gehalten.

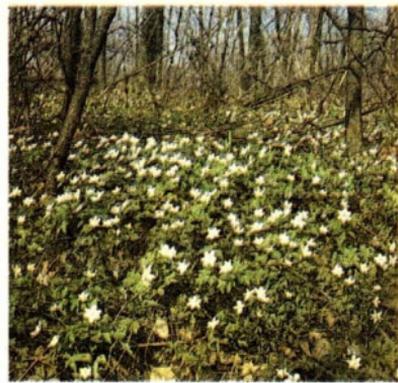
Um die Photosynthese durchführen zu können, wachsen die Pflanzen zum Licht, wie wir es an unseren Zimmerblumen jeden Tag beobachten können. Sie entfalten ihr Laub so, daß ein Mosaik entsteht, bei dem sich die einzelnen Blätter möglichst wenig gegenseitig beschatten. Manche Arten haben besondere Einrichtungen, um das Licht einzufangen. In der südafrikanischen Wüste wächst die dickfleischige Pflanze *Fenestraria*. Ihre zylinderförmigen Blätter stehen aufrecht und tragen die Chloroplasten mit dem Chlorophyll an den undurchsichtigen Innenseiten. An der Spitze bilden sie eine Kuppel aus durchsichtigen Zellen, die wie eine Sammellinse wirkt und das Licht gebündelt ins Blattinnere lenkt.

## *Frühling im Laubwald*

Es ist April, die dunklen Wintertage sind vorüber, die Frühlingssonne lockt uns hinaus in den Wald. Wir durchstreifen einen Buchenwald und erleben, wie die Pflanzen in ihrer Entwicklung an die Lichtverhältnisse angepaßt sind. Noch sind die Bäume kahl, sie unterscheiden sich durch Wuchsform, Rinde und Knospen voneinander. Es überwiegen die säulenförmigen Stämme der Rot-Buchen mit glatter, grauer Rinde und spindel-förmigen, schmalen Knospen. Dazwischen stehen Hainbuchen, die an der wulstigen Rinde mit hell- und dunkelgrauen Längsstreifen und an



*Die Körbe der Sonnenblume wenden sich zum Licht.*



*Im Frühjahr blühen die Busch-Windröschen im Laubwald.*

den eiförmigen, anliegenden Knospen zu erkennen sind. Die vereinzelt Eichen fallen durch ihren knorrigen Wuchs mit breit ausladenden Ästen auf. Ihre Rinde ist tief rissig, die Zweige tragen schuppige Knospen.

In diesem kahlen Wald ist es sonnig und hell, und auf dem Boden hat sich ein bunter Blütenteppich ausgebreitet. Busch-Windröschen wachsen in großen Trupps. Ihre weißen, manchmal rosa überlaufenen Blüten haben sich geöffnet und stehen wie Sterne über den grünen Blättern. Dazwischen leuchten die gelben Blüten des Scharbockskrauts, das auch durch seine glänzenden Blätter auffällt. Andere gelbe Blüten gehören zum Wald-Goldstern. Seine grasähnlichen Laubblätter weisen ihn als einkeimblättrige Pflanze aus. Sie werden überragt von den roten Kerzen des Hohlen Lerchenspornes. Auch blaue Farbtöne fehlen nicht in diesem Frühlingbild. Leberblümchen blühen zwischen dem vorjährigen Buchenlaub. Ihre Blüten sind ähnlich gebaut wie die der Busch-Windröschen und des Scharbockskrauts, alle drei Arten gehören zur Familie der Hahnenfußgewächse (siehe auch Bestimmungstabelle S. 131f.). Viele dieser Frühblüher im Laubwald sind Lichtpflanzen. Sie nutzen die kurze Zeit im Frühjahr, ehe die Bäume ihr Laub entfalten, für ihre Entwicklung. Bereits im Mai reifen ihre Früchte, die Blätter werden gelb, und die Pflanzen vertrocknen. Vorher haben sie Blätter und Blüten für das nächste Jahr angelegt, die in unterirdischen Knospen den Winter überdauern. Für ihre Entwicklung sind Nährstoffe notwendig, die in Zwiebeln, Knollen oder Erdsprossen gespeichert werden.

Von der raschen Veränderung der Pflanzenwelt können wir uns bei einem zweiten Besuch in unserem Wald überzeugen. Ende Mai sind die

Bäume voll belaubt. Unter ihrem dichten Kronendach ist es dunkel. Eine Lichtmessung zeigt, daß nur etwa 2% des Sonnenlichts, das wir auf der Wiese messen, noch den Waldboden erreichen.



*Lichtmessung.* Mit einem fotoelektrischen Belichtungsmesser messen wir die Lichtstärke an unterschiedlichen Stellen im Gelände. Wir tragen die Werte in eine Tabelle ein und erhalten so einen groben Vergleich. An sonnigen Tagen treten besonders deutliche Unterschiede auf.

Pflanzengemeinschaft	Relativer Lichtwert April	(in Skalenteilen) Juni
----------------------	------------------------------	---------------------------

Wiese		
Acker		
Hecke		
Kiefernwald		
Eichenwald		
Buchenwald		

Andere Pflanzenarten breiten sich jetzt im Sommer im Laubwald aus. Es sind Schattenpflanzen, die an die geringe Lichtstärke angepaßt sind. Sie können ihre Photosynthese noch bei schwachem Licht durchführen und grünen den ganzen Sommer hindurch. Zu ihnen gehören viele Sommerblüher des Laubwaldes, beispielsweise Waldmeister, Wald-Sauer- klee, Goldnessel und Wald-Sternmiere, aber auch die Leberblümchen, die ihre diesjährigen Blätter erst nach den Blüten ausbilden. Typische Schattenpflanzen des Buchenwaldes sind auch Farne und Gräser, wie Perlgras, Flatterhirse und Waldgerste. So kommt es, daß der gleiche Wald im Sommer ganz anders aussieht als im Frühjahr.

Kleiner Bestimmungsschlüssel für auffällige Pflanzen im Buchenwald (günstige Beobachtungszeit April/Mai)

- |    |  |                    |
|----|--|--------------------|
| 1  | Bäume oder Sträucher .....   | 2                  |
| 1+ | Kräuter .....  | 5                  |
| 2  | Bäume .....  | 3                  |
| 2+ | Sträucher, blühen im März mit walzenförmigen Kätzchen. <b>Haselstrauch</b> |                    |
| 3  | Rinde rau und rissig. Knospen schuppig. Blattrand gebuchtet.               |                    |
|    |  | <b>Stiel-Eiche</b> |
| 3+ | Rinde glatt. Knospen nicht schuppig .....                                  | 4                  |

4	Rinde einheitlich grau. Knospen spindelförmig, abstehend. Blattrand gewimpert.	<b>Rot-Buche</b>	
4+	Rinde mit weißen Längsstreifen. Knospen eiförmig anliegend. Blattrand gesägt.	<b>Hainbuche</b>	
5 (1)	Blüten gelb .....		6
5+	Blüten weiß, rot oder blau .....		9
6	Blüten lippenförmig. Blätter herzförmig, nesselartig.	<b>Goldnessel</b>	
6+	Blüten strahlig, Blätter nicht herzförmig und nicht nesselartig .....		7
7	Blätter grasartig, paralleladrig.	<b>Wald-Goldstern</b>	
7+	Blätter nicht grasartig, netzadrig .....		8
8	Blätter ungeteilt, glänzend.	<b>Scharbockskraut</b>	
8+	Blätter handförmig geteilt, nicht glänzend.	<b>Gelbes Windröschen</b>	
9 (5)	Blüten zweiseitig-symmetrisch, mit Sporn .....		10
9+	Blüten strahlig, ohne Sporn .....		11
10	Blüten blau, einzeln. Blätter ungeteilt.	<b>Wald-Veilchen</b>	
10+	Blüten rot oder weiß, in Trauben. Blätter geteilt.	<b>Hohler Lerchensporn</b>	
11(9)	Blätter paralleladrig. Blüten glockenförmig, hängend.	<b>Vielblütige Weißwurz</b>	
11+	Blätter netzadrig. Blüten nicht glockenförmig, aufrecht .....		12
12	Blätter kleeartig (aus drei Blättchen bestehend). Blüten weiß mit violetten Adern.	<b>Wald-Sauerklee</b>	
12+	Blätter nicht kleeartig. Blüten anders gefärbt .....		13
13	Blüten weiß .....		14
13+	Blüten rot oder blau .....		15
14	Blätter handförmig geteilt. Blüten einzeln auf dem Stengel.	<b>Busch-Windröschen</b>	
14+	Blätter ungeteilt. Blüten zu mehreren auf dem Stengel.	<b>Wald-Sternmiere</b>	
15(13)	Blätter dreilappig, kahl. Blüten blau. Krone freiblätrig.	<b>Leberblümchen</b>	
15+	Blätter nicht gelappt, behaart. Blüten rot bis bläulich. Krone verwachsenblättrig.	<b>Echtes Lungenkraut</b>	

## *Im tropischen Regenwald*

Noch ausgeprägter als in unseren heimischen Wäldern ist das Wachstum zum Licht im tropischen Regenwald. Dort gibt es keine Jahreszeiten, jeden Tag ist es sommerlich warm, und jeden Tag – meist am frühen Nachmittag – regnet es mit kräftigen Gewittergüssen. So herrscht im Wald ein feuchtes, warmes Klima, das die beste Voraussetzung für einen üppigen Pflanzenwuchs darstellt. Aber ein Problem gibt es für die Pflanzen doch: Das grüne Meer der Urwaldbäume ist so dicht, daß weniger als 1% des Lichtes den Boden erreicht. Außer Pilzen können dort nur ex-

tre Schattenpflanzen gedeihen. Das sind Moose, Farne und einige Blütenpflanzen, wie Begonien und Pfeilwurzarten. Ihren dunkelgrünen samtigen Blättern genügt das schwache Licht, um die Photosynthese durchzuführen.

Aber viele Bewohner des tropischen Regenwaldes sind Lichtpflanzen, die auf unterschiedliche Weise an das Sonnenlicht gelangen. Am leichtesten ist das für die Bäume. Die relativ kleinen Kronen werden von den schlanken Stämmen in eine Höhe von 20 Meter bis 30 Meter gebracht; dort bilden sie ein geschlossenes Blätterdach. Sie werden von einzelnen Riesenbäumen überragt, die 50 Meter bis 60 Meter hoch werden. Man erkennt sie am Boden an ihren Brettwurzeln, die für die nötige Standfestigkeit sorgen.

Einen anderen Weg zum Licht haben die Lianen eingeschlagen. Sie klettern, ranken, klimmen oder winden sich nach oben. Ihre langen, dünnen Sprosse wurzeln im Boden, können aber die Last der Blätter und Blüten nicht tragen und sind deshalb als „mechanische Parasiten“ auf Stützbäume angewiesen. In den Tropen trifft man Kletterpflanzen besonders an etwas lichterem Stellen, wie an Waldrändern, an Flüssen und auf Lichtungen sowie in Plantagen.



*Beobachtungen von Kletterpflanzen.* (Nach eigenen Untersuchungen an heimischen Pflanzen sind die entsprechenden Organe in der Tabelle anzukreuzen.)

Kletterpflanze	Ranken	Winde- sprosse	Wurzeln	Haft- scheiben
Efeu				
Erbse				
Feuerbohne				
Garten-Wicke				
Hopfen				
Weinstock				
Wilder Wein				

Manche tropischen Kletterpflanzen kennen wir als Zimmerpflanzen, zum Beispiel das Fensterblatt (*Monstera*) und den Baumfreund (*Philodendron*). Mit sproßbürtigen Wurzeln umschlingen diese Pflanzen die Äste oder haften in den Rissen der Borke.

Die Rotangpalmen sind Spreizklimmer, die über 100 Meter lang werden können. Die Mittelrippe ihrer Fiederblätter ist zu einem Fortsatz von einem Meter bis 2 Meter Länge ausgewachsen und mit zahlreichen rückwärts gerichteten Widerhaken besetzt. Wenn der Wind diese stacheligen Peitschen in das Geäst eines Baumes schleudert, verhaken sie sich dort für ihr ganzes Leben.

Die Schling- oder Windepflanzen umwachsen die Stütze schraubenförmig mit langgestreckten Stengeln und schlingen sich an ihr empor. Rückwärts gerichtete Kletterhaare verhindern ein Abrutschen der jungen Stengel. Im Alter verholzen die Sprosse und bilden eine feste Verbindung mit dem Stützbaum. Bei der Bauhinie sind die Windungen um den Stamm so fest, daß sie als „Affentreppen“ benutzt werden.

Am höchsten spezialisiert sind die Rankenpflanzen. Bei ihnen sind Blätter, Stengel oder auch Wurzeln zu Greif- und Haftorganen umgebildet, die für Berührungsreize empfindlich sind. So entstehen Ranken, die sich bei Berührung um die Stütze rollen, oder Haftscheiben, wie beim Wilden Wein, mit denen sich die Pflanze festhält. Passionsblumen, viele tropische Bohnenarten und Weingewächse ranken auf diese Weise. Bei großen Pflanzen können die Ranken verholzen und bilden mit den tauartigen Stämmen ein Gewirr von emporsteigenden, herabhängenden und sich am Boden schlingenden Lianen, das den tropischen Regenwald so undurchdringlich macht.

Auch in unseren Wäldern kommen einige Lianen vor. Der Efeu klettert mit Haftwurzeln an Bäumen empor, die Waldrebe rankt an Hecken, und im Auwald windet der wilde Hopfen seine Stengel um die schlanken Stämme der Eschen.

Noch sicherer und schneller als die Lianen gelangen die Epiphyten ans Licht. Es sind Aufsitzer oder Überpflanzen, harmlose Mitbewohner der Bäume, die sich nicht wie Parasiten von ihren Wirtspflanzen ernähren, sondern sie nur wegen des sonnigen Platzes ausnutzen. Sie sind so verbreitet, daß es in den Tropen kaum einen Baum gibt, der frei von Epiphyten ist. Ihren Lichthunger können sie ohne weiteres stillen, aber aus dem extremen Wuchsort ergeben sich neue Probleme: Wie gelangen die Pflanzen auf die hohen Urwaldbäume? Wie halten sie sich dort fest? Wie schützen sie sich vor Austrocknung? Und woher bekommen sie Wasser und Nährsalze, die andere Pflanzen aus dem Boden nehmen?

Einige Epiphyten wachsen wie Lianen hinauf; erst wenn sie die sonnige Höhe erreicht haben, stirbt ihr Stamm ab, und sie werden zu echten Aufsitzern. Die meisten Epiphyten gelangen aber als Sporen oder Samen auf die Bäume. Die Sporen der Farne und die winzigen, leichten Samen



*Der Gemeine Hopfen ist ein Rechts-  
winder. Mit Kletterhaken an der  
Sprossachse hält er sich fest.*

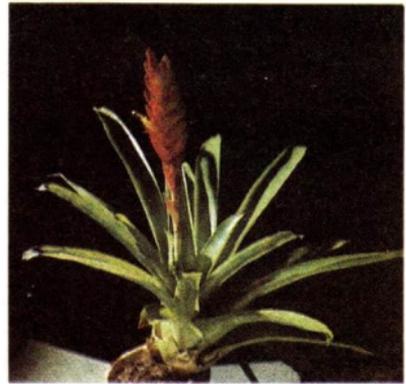


*Der Ast eines tropischen Baumes  
wird dicht von verschiedenen  
Epiphyten besiedelt.*

der Orchideen werden durch Luftströmungen in die Baumkronen geführt. Andere Samen tragen Schöpfe aus langen weichen Haaren, mit ihnen können sie passiv fliegen und sich auch in den Rindenspalten verankern. Fleischige Früchte, wie die der Bromelien, werden von Vögeln und Affen gefressen, und die Samen werden mit den Exkrementen an die Äste gekittet. Dort keimen sie, und die Jungpflanzen klammern sich mit Haftwurzeln an die Unterlage. Häufig umwachsen die Wurzeln die Äste auf dem kürzesten Wege, so daß es aussieht, als wären die Epiphyten mit Stricken angebunden.

Zur Wasserversorgung sind die Epiphyten ganz auf die täglichen Regengüsse angewiesen. Da zwischen diesen die Tropensonne brennt, müssen sie auch vor Austrocknung geschützt sein und das Wasser speichern können.

Bei Orchideenwurzeln ist außen ein weißes, schwammartiges Gewebe ausgebildet, das das Regenwasser wie Löschpapier aufsaugt. Bromelien sammeln das Wasser in ihren Blattrosetten, die wie Zisternen wirken. Saugschuppen der Blätter, die kleinen Ventilen gleichen, ermöglichen die Wasseraufnahme und verhindern die Austrocknung. Eine solche Saugschuppe befindet sich jeweils über einer Pore in der Blattoberseite. Sie hat annähernd pilzförmige Gestalt. Bei Regen wird Wasser in die Stielzellen aufgenommen, die sich dadurch in die Länge strecken und die Pore öffnen. Läßt das Wasserangebot nach, schrumpfen die Stielzellen wieder zusammen. Dabei ziehen sie den „Hut“ der Saugschuppe fest auf das Blatt und verschließen die Pore.



*Links: Würgefeige im tropischen Regenwald.*

*Oben: Bromelien sind häufige Epiphyten in den Tropen Amerikas.*

*Mitte: Die Schwertblume, eine epiphytische Bromelie, lässt sich auch im Blumentopf kultivieren.*



*Untersuchung von Saugschuppen.* Wir können uns Saugschuppen von Bromelien unter dem Mikroskop ansehen. Viele Bromelien, die wir im Zimmer halten, eignen sich dafür, zum Beispiel die Schwertblume (*Vriesea*), die Tillandsie (*Tillandsia*) oder die Lanzenrosette (*Aechmea*). Die Saugschuppen sitzen auf der Blattoberseite, besonders am Grunde der Blätter. Wir schaben sie mit einem scharfen Messer oder einer Rasierklinge ab und mikroskopieren sie in einem Wassertropfen. Mit etwas Übung kann man auch einen Blattquerschnitt anfertigen (eine ganz dünne Scheibe vom Blatt abschneiden) und den Stiel einer Schuppe untersuchen.

Viele Epiphyten sind außerdem in der Lage, Wasser in besonderen Geweben der Blätter oder Knollen zu speichern. So können sie Trockenzeiten überdauern. Viele Aufsitzer sammeln auch Nährstoffe zwischen ihren Blättern oder Wurzeln. Orchideen formen humussammelnde Wurzelnecker, der Nestfarn bildet aus seinen Wedeln einen Trichter, und der Geveihfarn sammelt den Humus zwischen seinen absterbenden Blättern wie in einem eigenen Blumentopf.

Eine Sonderstellung zwischen Lianen und Epiphyten nehmen die Würgefleigen ein. Sie keimen als Epiphyten, entwickeln dann aber starke Luftwurzeln bis zum Boden, die den Wirtsbaum so fest umklammern, daß er schließlich abstirbt. So geht aus einem Aufsitzer ein selbständiger Baum hervor. Bei einigen Arten bilden die Äste noch weitere Wurzeln, die zu mächtigen Stützpfeilern werden, so daß aus einer Pflanze ein ganzer Wurzelwald entstehen kann. Die Bengalische Feige (Banyanbaum) ist ein berühmtes Beispiel dafür. Ein 200jähriger Baum im Botanischen Garten von Kalkutta hat rund 1600 Luftwurzeln gebildet, so daß es nicht verwundert, wenn der Überlieferung nach das gesamte Heer Alexander des Großen unter einem einzigen Baum Schatten fand.

## *Lichtreize und Lichtsignale*

Viele Wirkungen des Lichtes auf die Pflanzen können wir auch im Alltag beobachten oder in einfachen Experimenten untersuchen. Lichtstärke, Lichtrichtung und Lichtdauer sind Reize, auf die die einzelnen Pflanzen in bestimmter Weise reagieren.

An Wegrändern und auf Schuttplätzen wächst der Stachel-Lattich, ein wilder Verwandter unseres Kopfsalats. Er wird auch Kompaßpflanze genannt, denn an sonnigen Standorten stellt er seine Blätter immer in



*Der Stachel-Lattich von der Seite gesehen.*

Nord-Süd-Richtung, mit der Schmalseite nach Süden. Für seine Photosynthese ist das günstig: morgens und abends, wenn es noch kühl ist, erhält er volles Licht, mittags werden die Blätter vor zu starker Erwärmung geschützt. Auch auf der nordamerikanischen Prärie wächst eine solche Kompaßpflanze (eine *Silphium*-Art), die schon den Indianern und Trappern zur Orientierung diene.

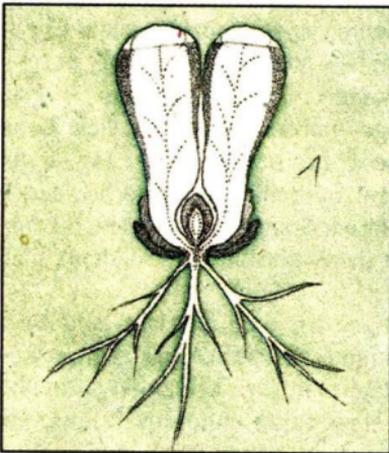
Wie sehr das Licht die Entwicklung der Pflanzen beeinflusst, merken wir am besten, wenn es fehlt. Eine Kartoffelknolle bildet im Licht kräftige grüne Sprosse mit wohlausgebildeten Blättern. Ganz anders sehen diese Triebe im Dunkeln aus; sie sind lang und bleich, ohne Blätter und ohne Chlorophyll. Alle Speicherstoffe werden für das Stengelwachstum verwendet, um noch ans Licht zu gelangen. Auch beim Zelten kann man dieses Vergeilen der Pflanzen beobachten. Wo unser Zelt eine Woche oder länger gestanden hat, ist das Gras ausgebleicht, es sieht gelb aus und bildet lange, dünne Halme. Da diese bleichen Sprosse auch zarter als die grünen sind, wendet der Gärtner das Verfahren bei einigen Pflanzen bewußt an, beispielsweise um Bleichgemüse zu erzeugen. Spargelsprosse werden angehäufelt und müssen so länger im Dunkeln wachsen. Chicoree-Rüben, die im Herbst geerntet wurden, werden im Gewächshaus in Sand eingeschlagen und bilden bleiche, feste Blattknospen. Bei Kopfsalat und Kopfkohl sind die inneren Blätter auf natürliche Weise vom Licht abgeschirmt und bleiben ebenfalls hell und zart.

Das Licht beeinflusst auch das Vergilben der Blätter und den Laubfall im Herbst. Wer im Oktober aufmerksam eine Allee entlanggeht, wird feststellen, daß Bäume, die unter einer Laterne stehen, noch ihr Laub tragen, während die übrigen schon kahl sind, obwohl sie zur gleichen Art gehören.



**Reaktionen von Pflanzen auf Lichtreize.** Für die erste Beobachtung brauchen wir ein Mikroskop mit mindestens 200facher Vergrößerung. Dann können wir sehen, wie sich die Chloroplasten in den Zellen unter dem Einfluß des Lichtes bewegen. Ein Moosblättchen, das im Dunkeln gehalten wurde, erscheint in der Aufsicht kräftig grün, seine Chloroplasten liegen alle unter der oberen Zellwand und füllen das Gesichtsfeld mit ihren Breitseiten aus. Wenn wir diese Zelle beim Mikroskopieren längere Zeit belichten, wandern die Chloroplasten an die Seitenwände, und wir sehen nur ihre Schmalseiten. So passen sich Pflanzen unterschiedlichen Lichtstärken an.

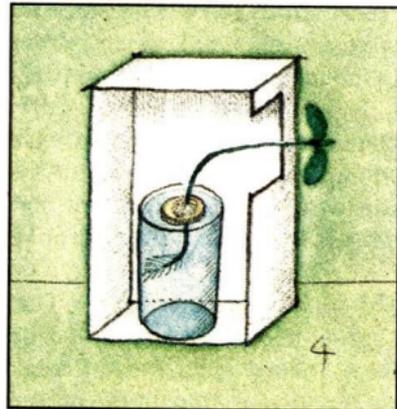
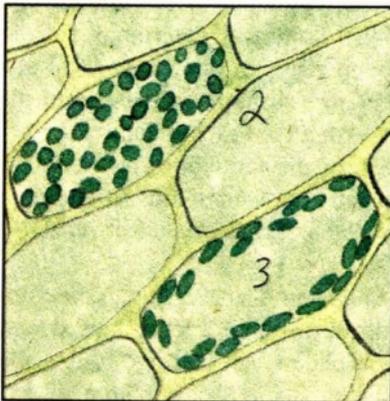
In einem anderen Versuch können wir beobachten, daß nicht alle Pflanzenteile sich dem Licht zuwenden. Ein Senf- oder Kohlkeimling wird



*Links oben:  
Längsschnitt durch eine Fenestraria-Pflanze. Nur am Rande der beiden Blätter befinden sich Chloroplasten (punktierte Flächen).*

*Links unten:  
Moosblättchen unter dem Mikroskop. Oben eine Zelle zu Beginn der Belichtung, unten 15 Minuten später.*

*Rechts unten:  
Reaktion eines Senfkeimlings auf einseitige Belichtung.*



mit Watte auf einer durchbohrten Korkscheibe befestigt und in ein Becherglas mit Wasser gesetzt. Darüber stülpen wir eine Pappschachtel mit einem Fenster an der Seite. Nach wenigen Tagen sehen wir, wie der Sproß sich zum Fenster krümmt und die Blätter senkrecht zum Lichteinfall stellt. Die Wurzel dagegen wendet sich mit einem scharfen Knick vom Licht ab und wächst in entgegengesetzter Richtung.

Bei der Entwicklung vieler Pflanzen spielt auch die Tageslänge eine entscheidende Rolle. Für Landwirte und Gärtner ist das von praktischer Bedeutung. Viele Tropenpflanzen sind Kurztags-Pflanzen, sie blühen und fruchten nur, wenn der Tag – und damit die Lichteinwirkung – nicht länger als 12 Stunden dauert. Im Langtag, wie er bei uns im Sommer herrscht, bleiben diese Pflanzen vegetativ, das heißt sie bilden nur Blätter. Zu ihnen gehören zum Beispiel Trichterwinde, Spitzklette und Chrysanthenen, die in den Tropen das ganze Jahr blühen, bei uns aber normalerweise erst in den kürzeren Herbsttagen zur Blüte kommen. Genau umgekehrt verhalten sich die Langtags-Pflanzen, zu denen viele Sommerblüher unserer Breiten gehören. Sie blühen nur, wenn der Tag länger als 12 Stunden dauert. Bei kurzen Tagen, im Frühling oder Herbst, bilden sie nur Blätter, wie beispielsweise Senf oder Spinat. Kultiviert man Langtags-Pflanzen in den Tropen, kommen sie nie zur Blüte, es sei denn, man gibt ihnen Zusatzlicht in der Nacht.

Besonders interessante Untersuchungen hat man an Licht- und Dunkelkeimern durchgeführt. Es gibt bestimmte Salatsorten, die zu ihrer Keimung unbedingt Licht benötigen. Hält man ihre Früchte warm und feucht im Licht, keimen sie innerhalb eines Tages hundertprozentig, unter den gleichen Bedingungen im Dunkeln keimt nicht eine einzige Frucht. Doch schon eine kurze Belichtung von einer halben Stunde genügt, um die Keimung auszulösen. Dabei kommt es allerdings auf die Lichtqualität an. Wie uns der Regenbogen zeigt, ist das weiße Licht aus farbigem Licht unterschiedlicher Wellenlänge zusammengesetzt. Auf die Keimung wirkt nur das hellrote Licht. Werden die Früchte damit kurz bestrahlt, keimen sie. Dunkelrotes Licht hebt die Induktion der Keimung wieder auf. Gibt man Hellrot und Dunkelrot abwechselnd, so entscheidet das letzte Licht: Bei Hellrot keimt der Salat, bei Dunkelrot nicht.



*Schutz vor Schlangen.* Der im Südosten der USA heimische Kapenspecht hackt rund um seine Bruthöhle Löcher, aus denen Harz ausfließt. Auf diese Weise bilden sich klebrige Ringe, die unter anderem Erdnattern von Angriffen auf seine Brut abhalten sollen.

## Genutzter Abfall



### *Vielseitiges Chemiewerk Pflanze*

Unsere Pflanzen bestehen nicht nur aus Zucker und Stärke, aus Fetten und Eiweißkörpern, aus Nukleinsäuren und Zellulose: darüberhinaus existiert eine Vielfalt weiterer Stoffe, die häufig jedoch nur von bestimmten Arten des Pflanzenreiches gebildet werden. Man spricht von „Sekundären Pflanzenstoffen“, während die oben genannten überall im Pflanzenreich vorkommenden Stoffe im „Primärstoffwechsel“ oder Grundstoffwechsel entstehen, der bei den grünen Pflanzen mit der Photosynthese beginnt. Der Name deutet auch darauf hin, daß sie „sekundär“ aus den Primärstoffen erst gebildet werden, durch Abbau, Umbau und Zusammenlagerung.

Die Pflanzenwelt stellt eine große, kaum übersehbare Vielfalt chemischer Fabriken dar, die eine große Anzahl von Endprodukten und Nebenerzeugnissen liefern.

Auch in unseren Chemiewerken fallen beim Herstellen jener Stoffe, die das Profil der Produktion bestimmen, zahlreiche Nebenerzeugnisse an, die in kleinerem Maßstabe zu nutzbringenden Endprodukten umgewandelt werden.

Die Pflanzen bieten uns eine breite Palette an Stoffen der verschiedensten Klassen und für die unterschiedlichste Nutzung: Harze und Wachse, ätherische Öle als Duft- und Geschmacksstoffe, Gerbstoffe und andere Phenole, Farben, Glykoside, Alkaloide, Karotinoide, Kautschuk und vieles andere mehr.



*Nachweis sekundärer Pflanzenstoffe.* Der Gerbstoffgehalt von Stengeln und Rinden unterschiedlicher Pflanzen kann mit einfachen Mitteln nachgewiesen werden. Gleich große Pflanzenstücke werden in gleich große Gefäße, etwa Reagenzgläser, gefüllt und so weit mit Wasser übergossen, daß sie vollkommen bedeckt sind; am besten geeignet ist Wasser aus einem Tümpel oder aus der Regentonne. Nach einigen Tagen erkennt man an der Trübung, daß sich Bakterien entwickelt haben. Nur bei Pflanzen, die Gerbstoffe enthalten, bleibt das Wasser klar, da Gerbstoffe bakterizid wirken.

Seifenkraut enthält Saponine, die Schaum erzeugen können wie Seife; daher stammt der Name dieser Pflanzengattung. Man pflückt im Sommer einige Blätter, quetscht sie kräftig und schüttelt sie mit Wasser. In kurzer Zeit entsteht Schaum, der stundenlang Bestand hat. Blätter unterschiedlicher Pflanzen können in ähnlicher Weise auf ihren Gehalt an Saponinen geprüft werden.

Anderer Pflanzen enthalten Saft mit oberflächenaktiven Stoffen: Schneidet man einen frischen Sproß einer Kürbis- oder Gurkenpflanze an, ergibt die austretende Flüssigkeit, unverdünnt mit einem feinen Halm aufgenommen, schöne Seifenblasen.

Wo entstehen diese Stoffe? Normalerweise sind die Blätter das große Laboratorium der Pflanze mit den größten Leistungen in der Synthese. Doch gibt es bemerkenswerte Ausnahmen: Es war vor etwa fünfzig Jahren eine wissenschaftliche Sensation, als die Bildung des Nikotins in der Wurzel der Tabakpflanze nachgewiesen wurde. Die Blätter des Tabaks speichern es lediglich! Ätherische Öle werden überwiegend in den Blättern gebildet und sammeln sich dann in bestimmten Ölbehältern, meist in den Blättern oder den Früchten der Pflanze. In der Regel sind sie so klein, daß sie mit bloßem Auge nicht zu erkennen sind. Es gibt aber eine bekannte Ausnahme:

Im Sommer blüht auf den Wiesen das leuchtend gelbe Johanniskraut. Hält man ein Blatt gegen den hellen Hintergrund, erkennt man mit bloßem Auge kleine helle Punkte, die gleichmäßig über die Blattfläche verteilt sind. Dort sammelt sich das ätherische Öl.

Wasserlösliche Farbstoffe reichern sich dagegen meist in den Vakuolen der Zellen an, besonders in den Kronblättern der Blüten und im Fleisch saftreicher Früchte. Wachse sind in Zellwänden enthalten, sie werden bei vielen Pflanzen von der Kutikula, der Außenschicht der Pflanzenorgane, nach außen abgegeben und bedecken oftmals die Oberfläche der Blätter und Früchte.

Welche Bedeutung haben die sekundären Pflanzenstoffe? In einzelnen Fällen kann man wenigstens ahnen, daß ihr Vorkommen für die Pflanze einen Nutzen bringt: Bitterstoffe in Pflanzen wie dem Beifuß (Gattung *Artemisia*) haben zur Folge, daß diese Arten von den meisten Tieren nicht gefressen werden. Harze oder der Kautschuk in den Milchsaftröhren ermöglichen einen schnellen und sicheren Wundverschluß. Wachs auf der Oberfläche der Pflanzen dient als Schutz gegen übermäßigen Wasserverlust bei Trockenheit.

Aber in vielen anderen Fällen tappen wir völlig im dunkeln: Massenhaft bilden bestimmte Pflanzen charakteristische Endprodukte ihres Stoffwechsels, die sich mit zunehmendem Alter anreichern. Assimilate, also Zucker und Stärke, werden in vielfältiger Weise zu diesen sekundären Pflanzenstoffen umgebaut. Sie gehen also der Pflanze für ihr weiteres Wachstum, das heißt für ihren Bau- und Betriebsstoffwechsel, verloren.

Soweit die sekundären Pflanzenstoffe auch Stickstoff enthalten, wie etwa die zahlreichen Alkaloide, wird auch ein Teil der Ammonium- und Nitrat-Ionen, die von den Wurzeln aufgenommen wurden, in diesen Endprodukten des Stoffwechsels verwertet. Man sollte annehmen, daß diese „Verluste“ an Nährstoffen für die Pflanze schädlich sein müssen; denn jener Stickstoff kann von den Pflanzen nicht wieder mobilisiert werden.

Handelt es sich um eine Entgiftung? Werden hier Zwischenprodukte des Stoffwechsels festgelegt, mit denen die Pflanze auf andere Weise nicht fertig werden kann? Das ist leichter zu behaupten als zu beweisen. Warum fehlt bei vielen Arten dieser Mechanismus der Entgiftung? Warum bleiben manche Pflanzen trotz ihres „unproduktiven“ Stoffwechsels, der auch viel Energie benötigt, konkurrenzfähig? Warum sind Sekundäre Pflanzenstoffe auf bestimmte Arten und Gattungen beschränkt? Wer eine Frage beantworten will, muß sogleich neue Fragen stellen. Die „chemische Fabrik Pflanze“ besitzt noch viele Geheimnisse für uns.

Tiere haben Mechanismen entwickelt, überflüssige Produkte des Stoffwechsels auszuscheiden und damit ihren Körper zu entgiften. Höhere Tiere besitzen gesonderte Organe zum Ausscheiden flüssiger und fester Produkte, die sich im Organismus nicht anreichern dürfen. Diese Möglichkeiten sind den Pflanzen nahezu vollkommen verschlossen. Höchstens mit Wassertropfen, die durch „Guttation“ aus den Blättern herausgepreßt werden und dort eintrocknen, lassen sich kleine Mengen Salze aus der Pflanze entfernen; verglichen mit dem Tierreich ist das nur eine bescheidene Leistung. Aus diesem Grund reichern sich bestimmte Produkte in den Pflanzen an. Doch dieser „Entgiftete Abfall“ kann für den



*An Schuttplätzen, Wegrändern  
und Bahndämmen findet man das  
Seifenkraut.*



*Aus den parallelen Schnitten an  
der Mohnkapsel tritt der Milch-  
saft aus, das „Rohopium“.*

Menschen besonders wertvoll sein. Viele Heil- und Gewürzpflanzen werden angebaut oder gesammelt, weil sie derartige, für den Menschen nützliche Stoffe enthalten.

Je besser die Pflanzen gedeihen, desto größer ist in den meisten Fällen ihr Gehalt an Nebenprodukten des Stoffwechsels. Feuchte tropische und subtropische Gebiete mit ihrem oft üppigen Pflanzenwuchs weisen daher einen sehr großen Anteil von Pflanzen auf, die wegen ihres Gehaltes an Alkaloiden, Farbstoffen, ätherischen Ölen, Gerbstoffen und anderen Nebenerzeugnissen für den Menschen von Bedeutung sind. Manche unserer einheimischen Heil- und Gewürzpflanzen, Lieferanten von Farbstoffen oder Produzenten feiner Duftstoffe stammen aus dem Nahen Osten oder aus der Karibik – also aus wärmeren Ländern – und wurden erst durch den Menschen in Mitteleuropa heimisch gemacht.

In den folgenden Abschnitten greifen wir einige Beispiele heraus, um die vielseitigen Leistungen der Pflanzenwelt und die Verwertung ihrer Produkte durch den Menschen – im Guten wie im Bösen – zu demonstrieren.

## *Morphin und Heroin*

Ritzt man eine unreife Kapsel des Schlafmohns an, tritt ein weißer Milchsaft aus, der bald eintrocknet und sich braun färbt. Er ist unter der Bezeichnung „Opium“ bekannt. Der Wundverschluss durch diesen Milchsaft

stellt zumindest eine halbwegs plausible Erklärung für sein Vorkommen dar. Das Opium enthält, wie man im Laufe der Jahrzehnte durch immer bessere Methoden der Analyse festgestellt hat, etwa 25 verschiedene Alkaloide.

Der Hauptbestandteil, das Morphin, wurde zu Beginn des vorigen Jahrhunderts vom Apotheker Sertürner (1783–1841) aus dem Opium isoliert und nach Morpheus, dem griechischen Gott des Traumes, benannt. Seine Struktur wurde erst 1923 aufgeklärt: Es handelt sich um ein pentacyklisches tertiäres Amin mit der Summenformel  $C_{17}H_{19}O_3N$ . Eine Totalsynthese ist inzwischen gelungen, spielt aber wegen der Kosten und der geringen Ausbeute keine praktische Rolle.

Im Opium sind je nach seiner Herkunft zehn bis zwanzig Prozent Morphin vorhanden. Morphium, eine veraltete Bezeichnung, meint denselben Inhaltsstoff. Selbst Samen und reife Kapseln enthalten noch Alkaloid, doch liefert der Milchsaft unreifer Kapseln beim Anritzen die höchsten Ausbeuten.

Alkaloide sind sekundäre Pflanzenstoffe, die Stickstoff in heterozyklischen Ringen enthalten: sie sind oft an Pflanzensäuren gebunden und optisch aktiv. Ursprünglich nahm man an, daß sie alkalisch reagieren – daher ihr Name.

Im Körper des Menschen rufen Alkaloide bestimmte, doch von Stoff zu Stoff ganz verschiedene Wirkungen auf das Nervensystem hervor. Manche Alkaloide erzeugen Brechreiz, andere lähmen die motorischen Nerven und damit die Muskulatur.

Ein schleichendes Gift, das nach Tagen und Wochen zum Tode führt, ist das Coniin aus dem Schierling (*Conium maculatum*), einem Doldengewächs. Im alten Griechenland mußten die zum Tode verurteilten Verbrecher einen Becher mit Extrakt des Schierlings trinken. Der Philosoph Sokrates (470 bis 399 v. u. Z.) wurde, obgleich unschuldig, durch jenes Alkaloid ums Leben gebracht.

Zurück zum Morphin. Schon die deutsche Bezeichnung der Pflanze „Schlafmohn“ weist darauf hin, daß die wichtigste Wirkung des Alkaloids allgemein bekannt war.

Im Thüringer Wald und anderen armen Gegenden, in denen früher die Frauen durch Heimarbeit zum Broterwerb mit beitragen mußten, steckten die Mütter ihren Kleinkindern ein Tuch mit einem Kloß aus gekochtem Mohn in den Mund. Die Säuglinge kauten daran, nahmen stundenlang und viele Tage in der Woche immerfort Alkaloide auf und blieben als Folge davon schläfrig und ruhig. Diese Dauerwirkung, noch dazu im empfindlichen Kindesalter, führte dann oftmals zu geistigen Schäden.



*Frucht des Stechapfels mit giftigen schwarzen Samen. In geringen Mengen sind die Giftstoffe aber wirkungsvolle Stoffe mancher Arzneimittel.*

„Mohn macht dumm!“ Dieser Satz bezieht sich nicht auf das Stück Mohnkuchen am Sonntag oder auf die Mohnbrötchen beim Frühstück; ihr Gehalt an Morphin ist verschwindend gering. Morphin dämpft die Reflexe des Menschen und setzt seine Empfindlichkeit, vor allem gegenüber Schmerzen, herab. Jede Art von Schmerz wird unter Morphinwirkung vom Zentralnervensystem weniger intensiv empfunden, vor allem dann, wenn man bemüht ist, wach zu bleiben. Es tritt ein Zustand von gesteigertem Wohlbefinden oder Euphorie auf. Das wird zuweilen von gesunden Menschen genutzt, die sich Morphin nicht aus medizinischen Gründen injizieren lassen. Die Euphorie ruft dann häufig den Wunsch hervor, recht bald wieder eine Dosis des Rauschgiftes gespritzt zu bekommen. Auf diese Weise werden manche Menschen leicht morphinsüchtig.

Da sich der Organismus an die Wirkungen des Alkaloids schnell gewöhnen kann, werden immer höhere Mengen erforderlich und damit die eigentliche Giftwirkung immer gefährlicher: Morphin vermindert die Atemtätigkeit, der Körper erhält zuwenig Sauerstoff, was besonders zu Nervenschädigungen führen kann; es verengt die Pupillen, die Sehfähigkeit wird auf Stunden hinaus beeinträchtigt. Es erzeugt auch unnatürliche Spannungszustände bei den Schließmuskeln des Körpers.

Wegen dieser Gefahren wurde Morphin schon früher von den Ärzten nur ungern verordnet. Nur dort, wo andere und weniger wirksame Mittel nicht mehr ausreichten, griff man zu diesem Präparat. Heute ist die Auswahl an guten Mitteln gegen Schmerzen weit größer als vor einigen Jahrzehnten, so daß die Ärzte immer seltener auf Morphin (Ärzte sagen einfach „M“) zurückkommen.

Um die im Gefolge des Ersten Weltkrieges stark angestiegene Morphiumsüchtigkeit einzudämmen, begann man in den zwanziger Jahren,

den Handel mit Morphin und seinen Vorprodukten weltweit zu überwachen. Für die einzelnen Länder wurden Produktionsmengen festgelegt, und der Weg zum Endverbraucher wurde streng kontrolliert. Bei richtiger Handhabung hätten diese Maßnahmen den Schwarzmarkt zusammenbrechen lassen.

Mohn ist nämlich eine auffällige Pflanze. Ob sie irgendwo in Massen ohne Erlaubnis angebaut wird, läßt sich leicht kontrollieren, vor allem zur Blütezeit, wenn die großen Blüten weithin sichtbar sind. Unerlaubt angebaute Pflanzen können dann leicht beseitigt werden, noch ehe der erste Schnitt zum Gewinnen des Milchsaftes ausgeführt worden ist.

Bei den Versuchen, den Markt für Rauschgift zu kontrollieren, wurden lediglich Teilerfolge verbucht. Der Anbau, soweit er einer unerlaubten Gewinnung des Milchsaftes diente, verlagerte sich zunehmend in Regionen, die nur schwer zugänglich und mit großen Aufwendungen zu überwachen sind: Ostanatolien und die Gebirgstäler Persiens und Indiens bildeten lange Zeit die bevorzugten Zentren des Anbaus.

Außer Morphin ist im Opium noch Codein enthalten (sprich: Co-de-in). Dieses Mittel kann einen starken Hustenreiz unterdrücken, ohne andere Funktionen des Nervensystems zu beeinträchtigen. Es unterscheidet sich vom Morphin dadurch, daß anstelle einer OH-Gruppe im Molekül eine CH<sub>3</sub>-Gruppe auftritt. Die Umwandlung von Codein zu Morphin erfolgt teilweise in der Pflanze. Der Bedarf der Medizin an Codein ist so hoch, daß ein Teil des gewonnenen Morphins im Labor zu Codein umgewandelt werden muß. Von den zahlreichen anderen Alkaloiden des Opiums spielt in der Medizin nur das Papaverin eine gewisse Rolle, weil es den Spannungszustand der Blutgefäße vermindern kann.

Die Verwandtschaft von Codein und Morphin hatte den Weg gewiesen: Durch kleine Veränderungen am Molekül, etwa den Anbau von Seitenketten, lassen sich neue Alkaloide „halbsynthetisch“ herstellen. Sie besitzen zum Teil andere Eigenschaften. Mitunter sind solche Derivate frei von Nebenwirkungen, die dem Original-Alkaloid anhaften. Sie werden dann in der Medizin bevorzugt eingesetzt.

Aber es gibt auch ein trauriges Gegenbeispiel: Durch Anlagern von Essigsäure an die Hydroxylgruppen des Morphinmoleküls kam man zu einem Di-äthyl-morphin, weit besser bekannt unter der Bezeichnung Heroin. Bei diesem Stoff, der in der Natur nicht vorkommt, empfindet der Körper noch größeres Wohlbefinden als bei „M“, dem Ausgangsmaterial. Nach seinem Anfangsbuchstaben wird es in den Ländern, die Englisch sprechen, kurz als „Eitsch“ bezeichnet, dem englischen Wort für den Buchstaben H.

Medizinisch ist Heroin wertlos, weil es den Schmerz nicht zu mindern vermag: aber als Rauschgift ist es dem Morphin weit überlegen. Viele Morphinsüchtige stiegen daher auf Heroin um. Die Gefahr, süchtig zu werden, ist hierbei weit größer; daher ist auch die Abhängigkeit von „H“ weitaus schwerwiegender. Beim Heroin gibt es keinen legalen Markt neben dem illegalen Handel: „H“ dient nur als Rauschgift!

Wo kommt das heutige Opium her? Die traditionellen Anbaugelände für Mohn haben ihre Anteile am Markt schon lange verloren. Der Anbau konzentriert sich heute im „Eisernen Dreieck“, und die Vorgeschichte soll hier erzählt werden:

Als die Armee Tschiang-Kai-Tscheks geschlagen war, flüchteten viele Angehörige der Truppe über die Grenzen Chinas in Richtung Süden, ins Grenzgebiet von Thailand und Oberburma, in die sogenannten Schan-Staaten. Heute wohnt dort eine Mischbevölkerung aus Chinesen und Einheimischen in einem straff organisierten Staatswesen, einer Militärdiktatur unter Kung Sa.

Dort organisierte man den Mohnanbau in großem Maßstabe, ließ Opium gewinnen und nahm sogar die ersten Stufen der Reinigung in den Gebirgswäldern vor. Je weiter das Produkt von unerwünschten Beimengungen befreit war, desto höher lag sein Preis auf dem Weltmarkt, desto geringer wurden auch die Transportkosten je Kilogramm Morphin.

Hauptabnehmer waren jahrelang die Soldaten aus den USA, die während des Vietnamkrieges in Südostasien standen. Tonnenweise wurde mit Flugzeugen „heiße Ware“ übernommen. Nach dem Ende des Krieges wurden neue Schleichwege erdacht, der Handel mit den Vorprodukten für „M“ und „H“ floriert noch immer. In den Schanstaaten leben heute illegale, die illegale Ware erzeugen. Der Kampf gegen dieses Kartell scheitert daran, daß auch Politiker ihre Finger in diesem schmutzigen Geschäft haben. „M“ und „H“ – das Gute und das Böse liegen dicht zusammen!

## *Sekundäre Pflanzenstoffe im Dienste des Menschen*

Was schmeckt scharf am Radieschen? Warum besitzt der Sellerie einen so ausgeprägten Geruch? Aus welchen Gründen verwertet die Hausfrau so oft und gern Petersilie?

Bei den Gewürzpflanzen ist nicht ihr Gehalt an Kohlenhydraten, Fetten und Eiweißkörpern die Hauptsache, so willkommen ein gewisser Nährstoffgehalt auch sein mag: denken wir nur an die Möhren oder den Kohl-

rabi! Bei den Gewürzpflanzen stehen die sekundären Pflanzenstoffe im Vordergrund des Interesses: Radieschen, aber ebenso auch Rettich und Kohlrabi, enthalten Senföle, als Glykosid an Kohlenhydrate gebunden. Erst wenn man die Zellen beim Schneiden oder beim Kauen zerstört, wird der flüchtige Bestandteil freigesetzt und entfaltet seinen Geruchsstoff: das Radieschen schmeckt daher „würzig“.

Unser Begriff „Gewürz“ leitet sich sprachlich von „Wurzel“ ab. Aber es sind in den seltensten Fällen die Wurzeln oder andere unterirdische Pflanzenteile, die verwendet werden.

Wurzeln verwerten wir in der Hauptsache beim Meerrettich als Gewürz, unterirdische Sproßachsen bei der Gelbwurz (*Curcuma*-Arten) oder beim Ingwer. Zwiebeln, zum Teil unterirdisch, aber durch Umwandlung von Sproßachsen und Blättern entstanden, finden vielfältige Verwendung, etwa die Küchenzwiebel, der Porree oder der Knoblauch, die alle zur Gattung *Allium* gehören.

Vielseitiger ist die Zahl der Blattgewürze: Kerbel und Lorbeer, Zitronenmelisse und Bohnenkraut, Schnittlauch und Salbei, Estragon, Dill und Majoran, Liebstöckel und Gartenkresse, um nur einige bekannte Beispiele zu nennen.

Beim Zimt nutzt man die Rinde. Knospen als Gewürz liefern der Kaperstrauch und der Nelkenbaum. Früchte als Gewürzträger werden bei Kardamom (Hauptbestandteil der Pfefferkuchengewürze), Vanille, Pfeffer, Hopfen, Paprika und Tomate, ferner bei Fenchel und Kümmel genutzt; bei Senf und Mandeln sind es die Samen. Öle aus den Fruchtschalen von Orangen und Pomeranzen liefern ein feines Aroma für Liköre, Cocktails und Backwaren.

Gewürzpflanzen wurden von den Chemikern eingehend analysiert: Wir wissen heute, welche Stoffe den scharfen Geschmack des Pfeffers hervorrufen: Piperin und Piperidin. Wer aber sein Essen mit einem Gemisch dieser beiden organischen Stoffe würzen wollte, wäre schwer enttäuscht: Leer und arm erscheint ihm dieser Geschmack! Es fehlen hier die zahlreichen, oft nur in geringen Beimengungen vorhandenen anderen Endprodukte des Stoffwechsels, die zusammengenommen erst den ‚richtigen‘ Geschmack des Pfeffers ergeben.

Ähnlich steht es um die Vanille: Ihr Hauptinhaltsstoff, das Vanillin, kann unschwer synthetisch gewonnen werden. Preiswerter Vanillezucker, Vanilleplätzchen und billige Sorten Kakao werden heute mit dem synthetischen Produkt gewürzt. Doch auch hier fällt einer halbwegs geübten Zunge der „künstliche“ Geschmack auf, der bei reichlichem Zusatz geradezu penetrant hervortreten kann.

Schon eine geringe Menge echter Vanilleschoten, die außer Vanillin auch noch andere Geschmacksstoffe mitbringen, vermag diesen Eindruck zu verwischen. Je nach der Qualität, die dem Verbraucher angeboten wird, ist der Anteil des Naturprodukts mehr oder weniger groß. Trotz des synthetischen Vanillins hat daher die echte Vanille einen bestimmten Platz unter den Gewürzpflanzen behauptet. Allerdings mußte sie gegen Ende des vorigen Jahrhunderts – wegen der Synthese des Vanillins und seiner großtechnischen Herstellung – einen Preissturz hinnehmen.

Mit dem Erkennen des „wichtigsten“ Inhaltsstoffes einer Pflanze ist nämlich das Problem bei weitem nicht erschöpft. Der Sellerie enthält zum Beispiel zwei Schwefelverbindungen, fünf organische Säuren, 17 Ester und Laktone, 28 Carbonylverbindungen, 22 Alkohole und 17 Kohlenwasserstoffe. Bei Kakao und Tee, die besonders gut untersucht sind, liegt die Anzahl der sekundären Pflanzenstoffe über 300, beim Kaffee sogar über 400.

Die Genußmittel, allen voran Kaffee, Tee und Kakao, behaupten ja auf dem Weltmarkt seit langem eine feste Stellung. Der Umfang ihrer Produktion hat sich infolge der hohen Lebenshaltung in vielen Ländern sogar noch ausgeweitet. Der Genuß erfolgt in der Hauptsache wegen der Wirkung ihrer Alkaloide: Koffein bei Kaffee und Tee, beim Kakao daneben auch Theobromin. Diese Verbindungen regen den Kreislauf und die Tätigkeit der Nieren an. Doch ist der reine Genuß des Aromas einer Tasse Kaffee für viele Verbraucher beinahe noch wichtiger.

Guter Kaffee stammt aus den Gebirgsgegenden der Tropen. Neben Koffein enthält er zahlreiche andere Sekundäre Pflanzenstoffe, die ihm erst in ihrer Gesamtheit ein volles Aroma verleihen. Alle Versuche, bei uns in Gewächshäusern Kaffee zu erzeugen, lieferten unbrauchbare Bohnen: Die Wärme und Intensität der Sonnenstrahlen reichen nicht aus, genügende Mengen an Nebenprodukten des Stoffwechsels zu erzeugen, die den vollwertigen Duft und Geschmack des Kaffees garantieren.

Die Umweltbedingungen üben stets einen großen Einfluß auf die Zusammensetzung der Pflanzen aus und rufen einen größeren oder geringeren Gehalt an Inhaltsstoffen hervor: Kaffee ist nicht gleich Kaffee! Unsere Handelssorten entstehen dadurch, daß man verschiedene Herkünfte und Jahrgänge miteinander mischt, um ein gleichbleibendes Aroma zu erzielen. Nur Spezialisten mit geübtem Geschmackssinn beherrschen diese schwierige Aufgabe!

Bei Gewürzen und Genußmitteln bevorzugt der Verbraucher wie früher die Naturprodukte. Auf anderen Gebieten ist hingegen in den letzten



Zwei Früchte am Kakaobaum



Blüten am Kaffeestrauch

hundert Jahren ein erheblicher Wandel eingetreten: Viele Naturstoffe, die einst den Weltmarkt beherrschten, sind durch Erzeugnisse der Chemie abgelöst worden.

Indigo und Krapp waren beliebte Farbstoffe der Vergangenheit; ganze Schiffsladungen voll *Orseille*-Moos oder von Farbhölzern kamen aus Lateinamerika nach Europa und dienten zum Färben von Geweben. Lichtbeständige Farbstoffe, die industriell hergestellt wurden, haben inzwischen ihren Platz eingenommen.

Diese synthetischen Farbstoffe sind in vieler Beziehung weitaus besser als die früheren, leicht ausbleichenden Naturstoffe – und außerdem weit billiger und gleichmäßiger in der Qualität. Daher brach der Anbau der Farbstoffpflanzen innerhalb weniger Jahrzehnte fast vollkommen zusammen.

Die Synthese der Farbstoffe ermöglichte nicht nur eine preiswerte Erzeugung von Farben, sondern warf auch ungeheure Mengen auf den Weltmarkt. Riesige Flächen wären heute erforderlich, wollte man diese Mengen in althergebrachter Weise aus Pflanzen gewinnen!

Der Ersatz mancher Naturprodukte durch synthetische Erzeugnisse erlaubt uns eine weitere wichtige Folgerung: Flächen, die früher zum Anbau von Färberpflanzen, Heilpflanzen und anderen, ‚technische‘ Produkte liefernden Pflanzen benötigt wurden, sind inzwischen für das Erzeugen von Nahrungsmitteln frei geworden. Diese Flächen sind den Menschen hochwillkommen, vor allem überall dort, wo immer wieder Knappheit an Lebensmitteln auftritt.

Zum Gerben von Häuten benutzte man die Rinde verschiedener Bäume. Eichenlohe war jahrtausendlang das beste Gerbmittel. Später

kamen die Rinden tropischer Bäume hinzu, Quebracho aus Südamerika und die Rinde afrikanischer Mangroven. Heute gerbt man mit Chromsäure billiger und gleichmäßiger als früher. Die Naturstoffe sind vom Markt nahezu verschwunden.

Afrika lieferte Gummi arabicum und Tragant; diese Stoffe treten aus den Wunden verschiedener Baumarten aus und wurden von den Eingeborenen gesammelt. Wer altdeutsche Briefmarken kennt, findet in den Katalogen die Bezeichnungen „gelber Gummi“, also Gummi arabicum, und „roter Gummi“, also Tragant. Heute hydrolysiert man Stärke, die für Briefmarken, Kleberollen und Umschläge ein preiswertes und völlig gleichbleibendes Erzeugnis liefert. Immerhin ist das von seinem Ursprung her wenigstens ein Produkt der Pflanzen, kein synthetisches Erzeugnis!

Kautschuk war – seit es Fahrräder und Autos gibt – ein wichtiger Bedarfsartikel der Industrie; die Rohstoffe kamen aus den Tropen. Anfangs wurde in Südamerika Sammelwirtschaft betrieben, das heißt, der Kautschuksaft wurde von den natürlich vorkommenden Bäumen gesammelt; später folgte in vielen tropischen Ländern der Welt ein Anbau von Kautschukbäumen in Großplantagen.

Im Ersten Weltkrieg wurden bereits Versuche unternommen, künstlichen Kautschuk zu erzeugen, doch blieben die Erfolge bescheiden. Ein Durchbruch gelang erst später, und heute spielt synthetischer Kautschuk auf dem Weltmarkt eine weit größere Rolle als das Naturprodukt. Immerhin ist für hochwertige Erzeugnisse mit großer Elastizität und guter Beständigkeit gegen Hitze und Chemikalien der Naturkautschuk bis heute unentbehrlich; vielen Produkten wird zumindest ein bestimmter Prozentsatz Naturkautschuk beigegeben, um ihre Qualität zu erhöhen.

Daraus ergibt sich ein wichtiger Gesichtspunkt: Früher wurden neben hochklassigen Erzeugnissen auch geringwertige Partien Naturkautschuk auf den Markt gebracht. Heute lassen sich nur vollkommen einwandfreie Sorten Naturkautschuk verkaufen. Die mittleren und geringeren Qualitäten sind vom synthetischen Kautschuk verdrängt worden!

Manche Naturprodukte wurden früher auf umständliche Weise gewonnen und waren deshalb teuer. Sie konnten jedoch später synthetisch weitaus billiger hergestellt werden: Artikel aus Kautschuk und manche Klebstoffe kosten heute nur einen Bruchteil dessen, was vor hundert Jahren dafür bezahlt werden mußte, als die Naturstoffe noch den Weltmarkt beherrschten.

Diese günstigen Verhältnisse wirken sich natürlich auf die Kosten des Endproduktes aus. Nehmen wir als Beispiel die Bereifung für Fahrräder,



*Sekundäre Pflanzenstoffe aus Baldrian und Kamille werden seit altersher für Heilzwecke genutzt.*

von der viele Millionen Stück im Jahr benötigt werden: Reifen aus Naturkautschuk wären weitaus teurer und weniger dauerhaft.

Jeder Apotheker war früher mindestens ein halber Botaniker, denn die meisten Heilmittel wurden aus Pflanzen hergestellt: Tees und Extrakte, Pulver und Salben. Das wichtigste am Inhalt der Präparate waren fast immer die sekundären Pflanzenstoffe.

Synthetische Produkte der organischen Chemie kannte man in der Pharmazie um die Jahrhundertwende noch nicht. Dann begann jedoch eine systematische Forschung, und eine große Anzahl neuer Heilmittel, im Labor hergestellt, gelangte auf den Markt. Die Pflanzen verloren als Ausgangsmaterial für das Erzeugen von Medikamenten Schritt für Schritt an Bedeutung. So bewundernswert vielseitig das Laboratorium der Pflanze auch sein mag: auf manchen Gebieten – der Sektor Heilmittel ist ein besonders gutes Beispiel – ist ihm der Mensch mit seiner Synthesetechnik weit überlegen. Viele Fortschritte der Therapie wären undenkbar, wenn wir nur auf die Naturprodukte angewiesen wären!

Kehren wir noch einmal zu den Gewürzpflanzen zurück, zum Ausgangspunkt dieser Betrachtung: Zahlreiche Pflanzen unserer heimischen Flora enthalten die unterschiedlichsten sekundären Pflanzenstoffe, sie werden hauptsächlich wegen dieser Stoffe angebaut: Senf und Radieschen, Petersilie und Dill sind nur wegen ihres Gehaltes an Nebenprodukten des Stoffwechsels von Bedeutung.

Weil diese Stoffe oftmals einen charakteristischen Geruch oder Geschmack aufweisen, dienen jene Pflanzen im Haushalt als Gewürze: Kümmel und Kerbel, Boretsch und Zitronenmelisse, Thymian und Basi-

lienkraut, Oreganum, Bohnenkraut und Pfefferminze sowie viele andere Pflanzen, besonders aus den Familien Doldenblütler und Lippenblütengewächse zählen dazu.

Die Vielfalt unserer Flora wird jedoch jahraus, jahrein in den meisten Haushalten ganz ungenügend genutzt. Manche Hausfrauen begnügen sich mit sechs bis acht Gewürzen und verschenken die Möglichkeit, mit geringem Aufwand einfallsreicher zu kochen und vor allem zu würzen.

Selbst in Kleingärten, in Balkonkästen und größeren Blumentöpfen lassen sich viele heimische Gewürzpflanzen mit geringer Mühe heranziehen, um den Speiseplan zu bereichern: Der Experimentierfreude im Kochtopf und auf dem Anrichtetisch sind kaum Grenzen gesetzt!

Wir sollten daher – gewissermaßen im Direktverzehr! – den „Abfall“ des Stoffwechsels unserer Pflanzen weitaus besser nutzen als in der Vergangenheit!



**Schnüffler.** Noch vor einigen Jahren galt es als feststehende Tatsache, daß Vögel nicht riechen können. Eine Ausnahme sollten lediglich die neuseeländischen Kiwis machen, die nachts schnüffelnd mit ihren langen Schnäbeln im Boden nach Würmern stochern. Inzwischen gibt es keinen Zweifel daran, daß einige Neuweltgeier, die in Waldgebieten leben und ihre Beute nicht aus der Luft erspähen können, bei der Nahrungssuche von der Nase geleitet werden. Auch einige Sturmvögel riechen Kadaver. Überraschend war die Erkenntnis, daß die Nase auch an der noch immer rätselhaften Heimwärtsorientierung der Brieftaube beteiligt ist. Schließlich ergaben Versuche, daß Gänse genießbare und ungenießbare Pflanzen am Geruch unterscheiden.



**Höhlenelefanten.** In vielen europäischen Höhlen fand man Knochen und ganze Skelette großer Bären, die als Höhlenbären bekannt wurden und aus der Eiszeit stammen. Aus der gleichen Epoche wurden ein Höhlenlöwe und eine Höhlenhyäne beschrieben. Erst seit einigen Jahren weiß man um Höhlenelefanten der Gegenwart. Es handelt sich allerdings nicht um eine neue Art oder Rasse, sondern um Afrikanische Savannenelefanten, die in Kenia ab und zu in einer 160 Meter weit in den Mount Elgon hineinführenden Höhle einkehren. In tiefster Finsternis brechen sie hier mit den Stoßzähnen Gestein von den Wänden und zerkauen es, um ihren Salzhunger zu stillen. Es wurde die Vermutung geäußert, die Elefanten hätten die Höhle in Jahrtausenden selbst geschaffen.

# Rund um die Uhr



## Zeitliche Ordnung in der Natur

Heute, ich schreibe dies an einem 21. Dezember, dauert der Tag bei uns 8 Stunden; hoch im Norden steht er nur auf dem Papier, und unter dem Äquator währt er, wie das ganze Jahr über, 12 Stunden. In Polnähe ziehen sich der längste Tag und die längste Nacht etwa 4 Monate hin. Tag und Nacht stehen also je nach geographischer Lage und großenteils an einem bestimmten Ort je nach Jahreszeit in einem ganz unterschiedlichen Verhältnis. Das hat höchst bedeutsame biologische Konsequenzen.

Pflanzen brauchen Licht, um Nahrung für sich und die von ihnen abhängigen Tiere zu produzieren, und vielen Kaltblütern bringen nur die Tagesstunden für ihr Wachsein ausreichende Temperaturen. Andererseits zwingt die Tageshitze viele Tiere, ihre Aktivität auf die Nachtstunden zu verlegen. Auch das Fallen und Steigen der Luftfeuchtigkeit kann dazu beitragen, den Lebewesen eine Rhythmik aufzuzwingen. Diese überträgt sich oft von einer Art auf die andere: die Blüten vieler Pflanzen sind nicht rund um die Uhr geöffnet, und in offenen Blüten kann die Abgabe von Nektar und Pollen zeitlich beschränkt sein. Darauf stellen sich die Blütenbesucher ein. Räuber sind oft von der Aktivitätszeit ihrer Beutetiere abhängig, von denen viele andererseits in der Lage sind, ihnen drohende Gefahr durch Abänderung ihres Zeitplanes zu vermindern.

So ergibt sich aus verschiedenen Ursachen eine zeitliche Ordnung der Natur, die man schwer durch eigenes Erleben erfährt, weil man so wenige Nachtstunden mit wachen Sinnen abseits von Lärm und Licht im

Freien verbringt. Die Lebewesen passen sich in diese Ordnung mit Hilfe ihrer „inneren Uhr“ ein, die trotz zahlreicher künstlicher Zeitgeber nach wie vor auch unsere physiologischen Funktionen beeinflusst.

## *Schichtbetrieb im Tierreich*

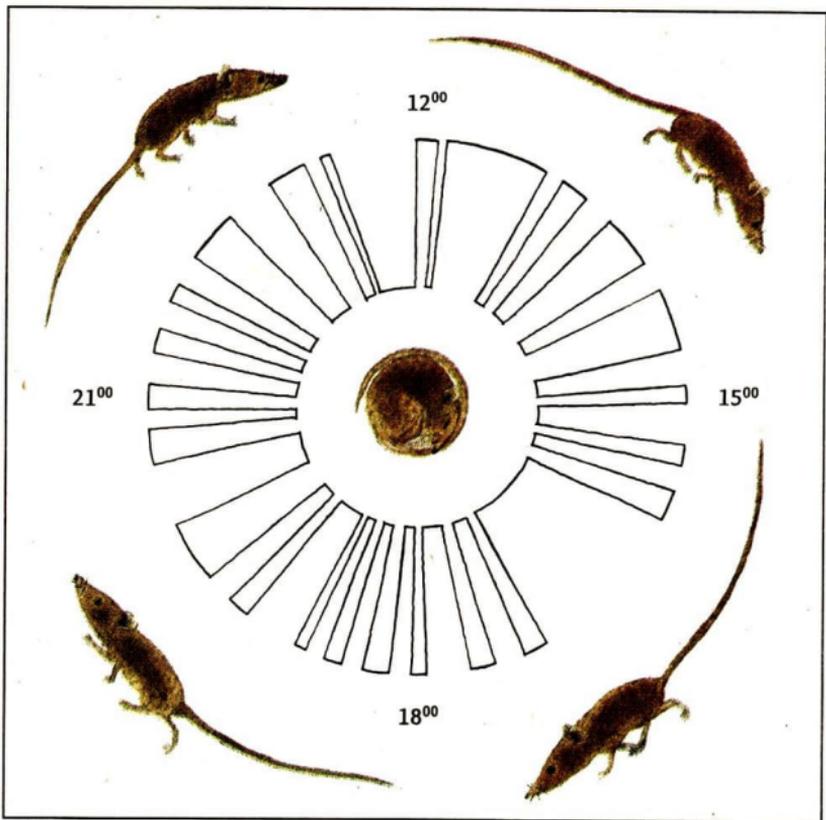
Vielfach unterscheidet man Tag- und Nachttiere oder besser tag- und nachtaktive Arten. Die weitaus meisten Vögel sind ganz auf Tagesaktivität beschränkt, sie wären gar nicht in der Lage, nachts Nahrung zu finden. Ebenso wie sie sind auch andere Tiere streng an bestimmte Zeiten für die Nahrungsaufnahme gebunden. Das gilt auch für einen Teil der Säugetiere. Nehmen wir als Beispiel die Goldhamster. Zwar wird ihr Schlaf auch gelegentlich in den Vormittagsstunden unterbrochen, die eigentliche Wachzeit beginnt aber erst am späten Nachmittag oder am Abend. Sie sind jedenfalls in ihrer Mehrzahl nicht in der Lage, sich dem Lebensrhythmus ihrer Pfleger anzupassen, die sie allzu oft rücksichtslos aus tiefem Schlaf reißen.

Viele vor allem tropische Tiere fehlten früher in den Zoos oder sie blieben dort weitgehend unbeachtet, weil der Besucher sie fast nur schlafend antraf. Das wurde erst mit dem Bau von Nachttierhäusern anders, in denen die Tiere nachts beleuchtet werden, während ihnen die Nacht vorgetäuscht wird, wenn am Morgen die Besucher kommen. Viele Tiere behalten eben einen ererbten Rhythmus bei, auch wenn es dafür keine Notwendigkeit mehr gibt.

Die Bewohner jener geografischen Breiten, in denen das Verhältnis von Tag und Nacht im Verlaufe des Jahres stark wechselt, können sich einen solchen „Starrsinn“ kaum leisten. Ein der eigenen Beobachtung zugängliches Beispiel für weitgehende Anpassungsfähigkeit im Tagesrhythmus bieten Hund und Katze, die sich (anders als Goldhamster) sehr weitgehend dem Zeitplan ihrer Herrschaft einfügen, wenn die Katze auch eine stärkere Neigung zu nächtlicher Aktivität beibehalten hat als der Hund.

Das Wild unserer Wälder ist in seinem Tagesablauf ebenfalls sehr anpassungsfähig und verläßt wohl nur wegen der am Tage häufigeren Störungen vorzugsweise nachts seine Einstände.

Bei nicht wenigen Säugetierarten wird zu Unrecht rein nächtliche Aktivität vermutet. Das gilt namentlich für Mäuse und Spitzmäuse, die man so selten zu Gesicht bekommt, weil sie durch Bodenerschütterungen rechtzeitig vor unserer Annäherung gewarnt werden. Wer die schrillen



*Ein Schreibgerät hat rund um die Uhr die Aktivität einer Maus verzeichnet. Bewegte sich die Maus, verlief die Linie auf dem äußeren, schlief sie, auf dem inneren Kreis.*

Schreie sich streitender Spitzmäuse kennt, wird mehr von ihrer Tagesaktivität bemerken. Bei den meisten Kleinsäugetern gibt es rund um die Uhr kurze Aktivitätsphasen, die von ebenfalls kurzen Schlafpausen unterbrochen werden. Warum sollten sie sich unnötig den Magen vollstopfen, und – etwas übertrieben formuliert – auf den Beinen bleiben, bis sie vor Müdigkeit umfallen, wenn sie als Nasentiere mit der Nahrungsaufnahme nachts kaum mehr Mühe haben als am Tage. Auch viele andere Tiere haben nicht eine, sondern zwei oder mehr Aktivitätsphasen, und ebenso wie die Menschenaffen würden wohl auch die meisten Menschen einen Mittagsschlaf halten, könnten sie ihren Tag ganz nach Lust und Laune einteilen. Schon die gedachte Gartenexkursion zeigt (s. S. 99 ff.), daß

auch viele wirbellose Tiere als Tagtiere keineswegs den ganzen Tag und als Nachttiere nicht die ganze Nacht auf den Beinen oder Flügeln sind. Wer Insekten sammelt oder fotografiert, lernt bald, daß z. B. Grabwespen in den Morgenstunden viel eher bei der Jagd und Wildbienen beim Nestbau anzutreffen sind als etwa um die Mittagszeit.

Oft wird nur ein Teil der möglichen Aktivitätszeit ausgenutzt, weil die Nahrungsaufnahme wenig Zeit beansprucht. Viele Pflanzenfresser müssen allerdings den ganzen Tag fressen oder wiederkauen, um satt zu werden, und womöglich noch kilometerweit zur Tränke ziehen. Große Raubtiere raffen sich dagegen oft erst zwei oder drei Tage nach einer reichlichen Mahlzeit zu einem neuen Beutezug auf, und bei Schlangen und Krokodilen können Wochen vergehen, ehe wieder nach Nahrung gejagt wird. Kein Wunder, daß man diese Tiere auch im Zoo meist schlafend oder jedenfalls untätig antrifft. Hier bieten sich Vergleiche mit Affen oder Huftieren an.

Übrigens gibt es auch Tiere, die nie in der für uns selbstverständlichen Weise schlafen können, sondern Tag und Nacht aktiv sein müssen. Das gilt etwa für Dauerschwimmer wie die Wasserflöhe oder die Haie. Die letzteren haben im Gegensatz zu den meisten anderen Fischen keine Schwimmblase, und wenn sie über der Tiefsee leben, können sie sich auch nicht auf dem Meeresboden schlafen legen.

Trotz aller Unregelmäßigkeiten und Ausnahmen gibt es so etwas wie einen Schichtwechsel im Tierleben. Die Insektenarten, die tagsüber den Luftraum bevölkern – beispielsweise Tagfalter, viele Käfer –, werden abends durch Mücken, Nachtfalter, Eintags- und Köcherfliegen abgelöst, die ausschließlich in der Dämmerung und nachts fliegen. Vor Schwalben, Seglern und anderen Singvögeln sind sie sicher, denn auch diese sind abgelöst worden, und an ihre Stelle sind Fledermäuse und an manchen Stellen Ziegenmelker getreten. Die allein mit den Augen jagenden Greifvögel sind durch die Eulen ersetzt, bei denen die Ohren die Augen unterstützen. Schichtarbeit vermindert die Konkurrenz unter den einzelnen Arten und gewährleistet eine bessere Ausnutzung des Nahrungsangebotes.

Imposant muß die Beobachtung des Schichtbeginns am Ausgang einiger berühmter Fledermaushöhlen im Süden der USA sein, wo binnen kürzester Zeit Hunderttausende, wenn nicht Millionen Fledermäuse ausfliegen und an aufsteigende Rauchsäulen erinnern. Auch dort, wo auf heimischen Dachböden noch größere Fledermausschlafgesellschaften zusammenkommen, kann man vielleicht einen sehr plötzlichen abendlichen Aufbruch beobachten.

Weitgehend unbeachtet vollzieht sich dagegen ein anderer, in seinem Umfang weitaus bedeutenderer Schichtwechsel, der auch als die größte Wanderung im Tierreich bezeichnet wurde, wobei sowohl an die Zahl beteiligter Individuen wie an die sich bewegende Masse gedacht ist. Im Meer, aber auch in tiefen Binnenseen, steigen allabendlich viele Planktontiere auf, vor allem Kleinkrebse, Rädertiere, im Meer auch Pfeil- und Ringelwürmer sowie Flügelschnecken. Sie „schleppen ihre Nahrungskette hinter sich her“, das heißt, es folgen ihnen größere räuberische Tiere, namentlich Fische und Tintenschnecken. Spätestens im Morgenrauen geht es dann wieder abwärts. Die Planktontiere haben es bei der Nahrungssuche auf die einzelligen Algen abgesehen, von denen das Leben im Meer fast vollständig abhängt. Obwohl die Abwärtswanderungen kaum bis in die völlig lichtlose Tiefe führen, werden sie wohl eher von der inneren Uhr als von Veränderungen der Lichtintensität gesteuert. Aber der auslösende Zeitgeber ist eigentlich weniger interessant als die Frage nach der tieferen Ursache, die täglich Abermillionen von Tieren in Bewegung setzt.

Es wäre doch naheliegend, daß sie den ganzen Tag in den gut durchlichteten oberen Wasserschichten blieben, wo es genug zu fressen gibt, und nicht einen Teil der gewonnenen Energie für das tägliche Auf und Ab aufwenden, dessen Mühe man nicht unterschätzen sollte. Manche Fische – darunter auch Leuchtfische – kommen aus einer Tiefe von rund 1000 m bis an die Oberfläche, und wenn ein Kleinkrebs nur 100 m Höhe gewinnt, mag das schon dem 10000fachen seiner Körperlänge entsprechen. Eine naheliegende Erklärung geht davon aus, daß die gut durchlichtete Schicht deswegen geräumt wird, weil Fische und Tintenschnecken, die den Planktontieren – den ersten Gliedern der tierischen Nahrungskette – nachstellen, Augenjäger sind, die am Tag nahe der Oberfläche ein leichtes Spiel hätten. Dafür spricht, daß bei manchen Arten die frischgeschlüpften und für den Einzelfang noch zu kleinen Larven tagsüber oben bleiben, während die älteren abwandern. Es gibt auch Plankter, die so durchsichtig sind, daß sie nicht gesehen werden, und auch diese machen die Abwärtswanderung nicht mit. Vermutlich steckt jedoch noch etwas anderes hinter den Wanderungen, und das mag viel wichtiger sein. Immer wieder stößt man in der Natur auf die noch unzureichend erklärte Erscheinung, daß die Auslese nicht nur einzelne Arten, sondern ganze Lebensgemeinschaften „optimiert“, das heißt, in ihrer Leistungsfähigkeit steigert. Die dafür auf das Tageslicht angewiesenen Algen betreiben wie alle grünen Pflanzen Photosynthese und bilden tagsüber Reserven, die sie im Laufe der Nacht wieder verbrauchen.



Das Kapkörnchen (Mittagsblume) öffnet sich:  
9.30 Uhr



11.00 Uhr



12.30 Uhr

Am Abend gibt es daher am meisten zu fressen. Da sich die einzelnen Algen bevorzugt in den Morgenstunden teilen, müßten die davon lebenden Tiere am Tage zudem weit mehr Zellen einstrudeln, um zur gleichen Nährstoffmenge zu kommen. Hätten die Algen am Tage nicht eine gewisse Schonzeit, könnten daher weit geringere Planktonmassen ernährt werden. Über die Nahrungskette wirkt sich der Schichtbetrieb im Meer auch vorteilhaft auf die Nahrungsmenge aus, die die Menschheit durch Fang von Meerestieren gewinnen kann.

## Die Blumenuhr

Die Blumenuhr – haben denn Blumen eine Uhr? Bei vielen Pflanzen möchte man die Frage bejahen, denn ihre Blüten öffnen und schließen sich zu ganz bestimmten Zeiten des Tages. Auch bei Pflanzen wirkt also die „zeitliche Ordnung“.

Eine zweite Frage wäre, wie kommt es zu den Öffnungs- oder Schließbewegungen, denn Blütenblätter haben schließlich keine Gelenke. Durch die Beobachtung an einer Tulpenblüte beispielsweise läßt sich das leicht erklären.



*Blütenbewegung bei Tulpen.* Bei einer eben aufgeblühten Tulpe markiert man die Außenseite und die Innenseite eines Kronblattes mit gleichmäßigen, waagerechten, schwarzen Tuschestrichen, etwa in Abständen von je einem Millimeter, vom Blattgrund ausge-



Das Kapkörbchen (Mittagsblume) schließt sich:

14.00 Uhr



15.30 Uhr



17.00 Uhr

hend. Schon nach einem Tage erkennt man, wie die Striche in der Nähe des Blattgrundes auseinandergerückt sind: dort muß also das Kronblatt gewachsen sein. Dieses Wachstum erfolgt jedoch nicht gleichmäßig, sondern abwechselnd außen und innen: Wenn die Innenseite sich stärker streckt, muß sich die Krone öffnen; bevorzugtes Wachstum der Außenseite führt hingegen zum Schließen der Blüte. Im Verlaufe einiger Tage werden daher die Kronblätter einer Tulpe auch immer länger, wie eine Messung bestätigt. Die Tulpenblüte – und bei anderen Blüten ist es nicht anders – kann sich nur durch abwechselndes Wachstum auf der Innenseite und Außenseite öffnen und schließen.

Zu welcher Tageszeit öffnen sich die Blüten? Hier bestehen große Unterschiede. Die meisten Rosen öffnen ihre vollentwickelten Blüten morgens zwischen vier und fünf Uhr, der Klatschmohn und der Kürbis folgen um fünf, wenig später der ausdauernde Flachs. Die Wegwarte beginnt um sechs Uhr zu blühen, das Weidenröschen zwischen sechs und sieben Uhr, bald danach auch der Huflattich. Gegen acht Uhr blühen die Sumpf-Dotterblumen auf, in der darauffolgenden Stunde die meisten Arten des Sauerklees, gegen neun die Tulpen. Manche Flockenblumen beginnen erst nach zehn Uhr aufzublühen, Arten des Fingerkrautes sogar erst zwischen elf und zwölf Uhr. Für Nachtblüher gilt sinngemäß dasselbe: Gegen achtzehn Uhr öffnen sich die Nachtkerzenblüten, eine Stunde später die der japanischen Wunderblume. Zwischen zwanzig und einundzwanzig Uhr blühen die Gartenformen des Leimkrautes auf, noch eine Stunde später die Nachtblüher unter den Kakteen.

Wer diese Angaben nachprüfen möchte – und jeder größere Garten bietet hierfür ausreichend Gelegenheit – muß zweierlei beachten. Während der Sommerzeit verschieben sich alle Zeitangaben um eine Stunde. Zweitens bezieht sich die mitteleuropäische Zeit auf den 15. Meridian, der durch die Stadt Görlitz verläuft. Städte entlang der Oder und Neiße liegen also mit Orten im Linksrheinischen nach dem Stand der Sonne um fast eine Stunde auseinander. Das Blühen aber wird von der Helligkeit gesteuert; maßgebend ist die wirkliche Stunde des Sonnenaufgangs.

Interessant ist es, daß manche Pflanzen nach ihrem ersten Aufblühen gar keinen weiteren Lichtreiz mehr benötigen. Einmal zum Blühen gebracht, geht das Öffnen und Schließen der Blüten auch im Dauerdunkel weiter, streng im Rhythmus der vierundzwanzig Stunden. Die Pflanzen besitzen eine „innere Uhr“, die solche Vorgänge regelt.

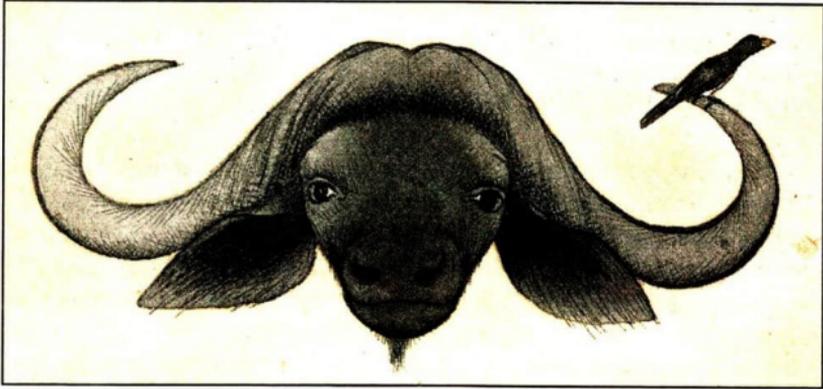
Wann schließen sich die Blüten? Wer ein größeres Sortiment beobachtet, etwa im eigenen Garten oder in Parkanlagen, kann selbst Listen dazu anlegen und gleich die „wahre Ortszeit“ eintragen. Generell ist zu sagen, daß für die verschiedenen Pflanzenarten die Schließzeiten der Blüten genau so unterschiedlich sind wie die Öffnungszeiten. Diese Unterschiede führten zu der Idee, eine Blumenuhr zu bauen. Als erster entwarf der berühmte schwedische Biologe Carl von Linné eine solche Uhr, die er 1770 im Botanischen Garten von Uppsala anpflanzte.

Blumenuhren erlauben es, die Tageszeit zu schätzen; man muß nur nachschauen, welche Arten schon aufgeblüht sind und welche ihre Blüten noch geschlossen halten. In den Vormittagsstunden läßt sich die Zeit auf eine halbe Stunde genau angeben, wenn man genügend Erfahrung mitbringt und berücksichtigt, was oben gesagt wurde.

So ganz ohne praktische Bedeutung sind diese Angaben nicht; Parkanlagen werden in den Nachmittagsstunden am stärksten besucht. Es wäre sinnlos, dort Pflanzen anzubauen, die morgens zeitig aufblühen und kurz nach Mittag ihre Blüten bereits wieder schließen. Kleingärtner, die nach der Tagesarbeit ihre Pflanzen pflegen wollen, werden ganz ähnlich denken. Die Erfahrung lehrt bald, welche Arten zu der Tageszeit, in der sie im Garten werkeln, noch „dankbar“ ihre Blüten geöffnet haben.

Die Artenlisten, die Botaniker hinsichtlich der Blühdauer aufgestellt haben, sind übrigens recht unvollständig. Es wäre eine schöne Aufgabe, alle gebräuchlichen Zierpflanzen unserer Gärten, deren Blüten sich jeden Tag öffnen und schließen, einmal auf ihre Blühzeiten zu untersuchen. Einige Jahre später könnte man dann eine „ideale Blumenuhr“ vorschlagen, die selbst den Inspektor eines Parkes oder eines Botanischen Gartens zur Nachahmung reizen würde!

## Partnerschaften



### *Zusammenleben zum gegenseitigen Vorteil*

Eine Vielzahl von Organismen ist an den einzelnen Standorten der Erde miteinander vergesellschaftet: Pflanzen mit Pflanzen, Pflanzen mit Tieren, Tiere untereinander. Oftmals siedeln sie sich nebeneinander an, ohne daß irgendwelche erkennbaren Beziehungen auftreten: In den Steppen Ostafrikas leben größere Wildherden, denen monatelang ein reichliches Angebot an Futter zur Verfügung steht. Erst in der Trockenzeit wird eine starke Konkurrenz um Wasserstellen und Futter spürbar.

Andere Organismen sind dadurch verbunden, daß die einen als Nahrung der anderen dienen. Gräser und Kräuter, Bäume und Sträucher werden von Pflanzenfressern abgeweidet. Viele Tierarten dienen Raubtieren als Beute. „Fressen und Gefressenwerden“ sind typische Beziehungen zwischen Organismen.

Parasiten können sich in oder auf ihren Wirten am Leben erhalten. Dabei liegen die Vorteile einseitig beim Parasiten, der seinen Wirt schädigt.

In den Astgabeln der Bäume des tropischen Regenwaldes leben Farne, die im Schatten des dichten Waldes nicht genug Licht finden würden. Oft besitzen sie Anpassungen, die es ihnen ermöglichen, das wenige Erdreich an ihrem Standort festzuhalten und zu durchwurzeln (s. S. 134). Hier liegt der Vorteil einseitig auf der Seite des Farns, ohne daß der Baum, auf dem er sich angesiedelt hat, erkennbaren Schaden erleidet.

Daneben gibt es jedoch auch Formen des Zusammenlebens, bei denen die Partner gut einander angepaßt sind und zum gegenseitigen Vorteil miteinander leben. In diesen Fällen spricht man von Symbiose.

## *Symbiosen im Pflanzenreich*

An vielen Stellen, selbst auf trockenen und vegetationsarmen Standorten, findet man Krustenflechten. Ihr graugrüner oder gelblich-roter Organismus überzieht die Oberfläche mancher Gesteine. Eine Flechte ist aber nichts anderes als eine feste und dauerhafte Symbiose zwischen Alge und Pilz. Die Partner bleiben ständig miteinander verbunden und haben geradezu „eine neue Einheit“ gebildet.

Der Pilz umspinnt mit seinen Myzelfäden die Zellen der Alge so, daß ihr noch weitere Zellteilungen möglich sind, die für das Gedeihen und die Ausbreitung der Flechte wichtig sind. Der Pilz entzieht den Zellen der Alge Nährstoffe, die diese durch Photosynthese gebildet haben. Er bestreitet davon seinen Stoffwechsel, ermöglicht seine Ausbreitung und Fortpflanzung. Der Pilz hingegen ist in der Lage, Wasser aufzunehmen, zu speichern und an die Alge weiterzugeben.

Schneidet man eine dickere Flechte mit der Rasierklinge in sehr dünne Scheiben, unterscheidet man in einem Wassertropfen unter dem Mikroskop schon bei schwacher Vergrößerung Pilzgewebe und Algenzellen: Die Außenschichten werden überwiegend vom Pilz gebildet, während man die grünen Algenzellen im Inneren der Flechte antrifft.

Selbst bei Verbreitung einer Flechte über größere Strecken – zum Unterschied zur Ausbreitung durch einfaches Wachstum vom Rande her – bleiben die Partner zusammen: An der Oberfläche der Flechte bilden sich kleine Körper (Soredien), die Pilzgeflecht und Algenzellen enthalten. Sie werden vom Winde leicht losgerissen und können dann, sobald sie geeignete Standorte finden, zu einer Flechte heranwachsen.

Bezeichnend ist noch folgende Beobachtung: Trennt man die Partner voneinander, zeigen sowohl der Pilz wie auch die Alge nur ein kümmerliches Gedeihen. Die Anpassung an ihren Partner geht so weit, daß sie ohne Symbiose kaum zu gedeihen vermögen.

Mitunter kommt jedoch das Zusammenleben zweier Organismen auf komplizierte Weise zustande, und es bildet sich in Wirklichkeit ein labiles Gleichgewicht. Ein bekanntes Beispiel soll das erläutern:

Gräbt man eine Orchideenwurzel aus dem Blumentopf, wird man vergebens nach normal entwickelten, intakten und nach dem Waschen wei-



*Nabelflechte*

ßen Wurzeln suchen. Sie bleiben vielmehr braunfleckig, denn sie sind von einem Pilz besiedelt, der beim Betrachten wie ein Parasit erscheint: die äußeren Schichten des Wurzelgewebes sind weitgehend vom Geflecht dieses Pilzes zerstört. Erst die weiter innen liegenden Teile des Wurzelgewebes haben dem Pilz Widerstand zu leisten vermocht: auch hier hilft uns ein Querschnitt mit scharfer Klinge; der Pilz mit seinen braunen Fäden ist unter dem Mikroskop leicht zu finden. Dunkles, verklumptes Material in den Zellen der Orchideenwurzel zeigt, wie die Pflanze geschädigt worden ist.

Laien denken oftmals, sie hätten durch mangelhafte Pflege den Schaden an der Wurzel mit verschuldet. Sie wundern sich dann über das prächtige Gedeihen ihrer Pflanzen – trotz des offensichtlich zerstörten



*Flechten im Querschnitt: Die Algen sind hier rötlich gezeichnet. Darunter: vergrößert. Die Pilzfäden umspinnen die Algenzellen oder dringen in sie ein. Die Algen sind hier grün gezeichnet.*

Wurzelgewebes. In Wirklichkeit ist aber die Wurzel nicht von einem Parasiten befallen, sondern zwischen Pilz und Orchidee hat sich ein Gleichgewicht ausgebildet; auch hier ist eine Symbiose entstanden.

Orchideensamen sind extrem klein und keimen nur schwer. Entwickelt sich ein Same, der in den Boden gelangt ist, so stirbt er in den meisten Fällen wieder ab: Die Keimwurzel ist nicht in der Lage, genügend Nährstoffe für das Gedeihen des Organismus aufzunehmen.

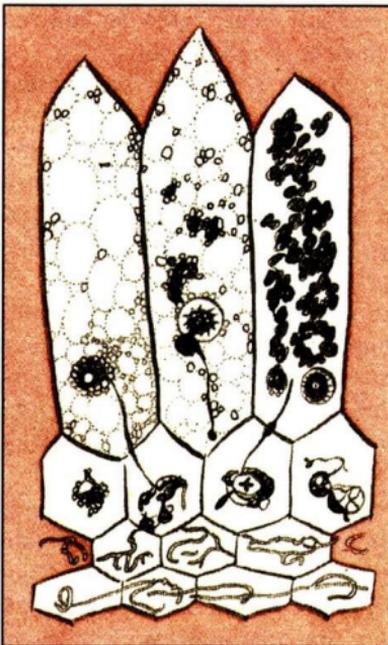
Im Boden leben aber auch die Geflechte zahlreicher Pilzarten. Einige von ihnen greifen die Keimwurzel der Orchidee an, dringen ein und beginnen das Gewebe zu zerstören. Orchideen und viele andere Pflanzen verfügen jedoch über Stoffe, die das Gewebe eines Pilzes verklumpen

(agglutinieren) oder auflösen (lysieren). Unter dem Mikroskop erkennt man das deutlich. Die Zellen setzen sich mit Hilfe ihrer Abwehrstoffe gegen eindringende Krankheitserreger zur Wehr und zerstören in manchen Fällen die Pilzfäden.

Sind die Abwehrkräfte der Wurzel zu schwach, wird die gesamte Pflanze durchwuchert und verrottet in wenigen Tagen. Oft bildet sich aber zwischen den Angriffen des Pilzes und den Abwehrmaßnahmen des Orchideenkeimlings ein Gleichgewicht heraus: Alle neugebildeten Wurzeln werden nach kurzer Zeit vom Pilz angegriffen und besiedelt, ohne daß diese Wurzeln ganz zerstört werden.

Der Pilz vermag mit seinem Geflecht leicht Nährstoffe aus dem Boden aufzunehmen und zu transportieren. In der Kampfzone zwischen Wurzel und Pilz werden diese Stoffe aus den absterbenden Teilen des Pilzes frei und gelangen in die Keimpflanze.

Dieser Zustand eines Gleichgewichtes besteht dann über längere Zeiträume. Alles, was die Pflanze schwächt, etwa Lichtmangel, Staunässe oder zu saurer Boden, vermindert auch ihre Abwehrkräfte: sie unterliegt dann dem Pilz, der immer weiter vordringt, das gesamte Wurzelsystem zerstört und damit die Pflanze zum Absterben bringt.



*Mykorrhiza. Pilzfäden in der Wurzel einer Orchidee, deren Zellen nach dem Befall mit Pilzen absterben.*

Andererseits sind auch Verhältnisse denkbar, die dem Pilz wenig zusetzen: Werden die Bakterien im Boden einseitig begünstigt, verschlechtern sich die Lebensverhältnisse für fast alle Pilzarten. Ein Pilz, der in Symbiose mit einer Orchidee lebt, kann dadurch so geschwächt werden, daß seine Wirtspflanze die Oberhand gewinnt und ihn bis auf wenige Zellen in der Wurzelrinde zurückdrängt.

Es sind insgesamt vier Fälle zu unterscheiden:

- Einmal kann wegen Fehlen des Pilzes überhaupt keine Verbindung zwischen den Symbionten zustandekommen.
- Zweitens kann durch die äußeren Bedingungen der Pilz die Oberhand gewinnen, was zum Absterben seines Wirtes führt.
- Drittens kann der Pilz zwar vorhanden sein, aber derartig schwach, daß ein Gleichgewicht nicht auf die Dauer zustandekommt.
- Viertens bildet sich ein stabiles Verhältnis zwischen den Partnern heraus, und nur in diesem Falle wird sich die Orchidee normal entwickeln.

Eines ist nach diesen Ausführungen leicht zu ersehen: Alle Orchideen gedeihen nur auf bestimmten Standorten, nämlich dort, wo sie die Möglichkeit finden, mit einem geeigneten Partner der richtigen ‚Kampfstärke‘ zusammenzuleben. Zweitens gedeihen Orchideen nur unter weitgehend gleichbleibenden Lebensverhältnissen, weil alle Änderungen der äußeren Bedingungen das empfindliche Gleichgewicht stören können.

Das Zusammenleben einer höheren Pflanze mit einem bestimmten Pilz, der ihre Wurzeln besiedelt, nennt man Mykorrhiza.

Viele Arten von Pilzen sind auf dieses Leben in der Gemeinschaft angewiesen, um gedeihen zu können. Auch bestimmte Hutpilze, die als Speisepilze geschätzt werden, durchziehen als Geflecht den Boden und gedeihen nur dort üppig, wo sie einen passenden Partner unter den höheren Pflanzen finden.

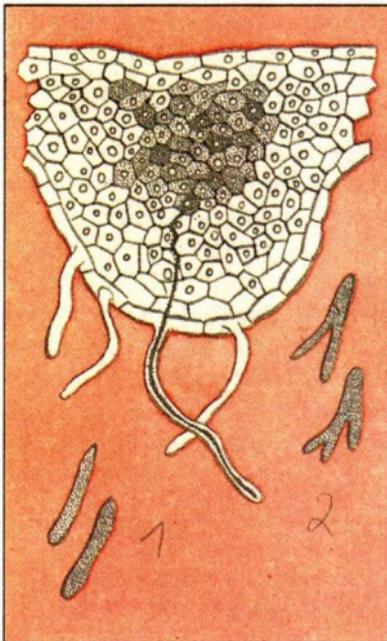
Einen Birkenpilz findet man nur dort, wo mindestens eine Birke steht. Oft genügt sogar ein verrotteter Stumpf, der dem Pilz noch für eine Weile sein Gedeihen ermöglicht. Ebenso kommt die Krause Glucke (gekocht schmeckt der Pilz wie Hühnerbrühe!) nur am Fuß alter Kiefern oder an Kiefernstubben vor. Der Goldröhrling gedeiht ausschließlich unter Lärchen.

Andere Speisepilze sind hingegen weniger spezialisiert, und einige kommen sowohl unter Laub- als auch unter Nadelbäumen vor. Erfahrene Sammler wissen jedoch, welche Hutpilze mit bestimmten Waldbäumen vergesellschaftet sind; sie vermögen am Baumbestand abzuschätzen, welche Pilze an einem bestimmten Standort auftreten können.

Es gibt noch einen dritten klassischen Fall von Symbiose im Pflanzenreich: die Wurzelknöllchen der Schmetterlingsblütengewächse. Bakterien der Gattung *Rhizobium* dringen durch die Wurzelhaare in eine geeignete Wirtspflanze ein, vermehren sich dort und rufen ein Wuchern des Gewebes hervor, eben die Knöllchen. Wie heftig sich die Pflanze gegen den ‚Parasiten‘ zur Wehr setzt, ist unter dem Mikroskop leicht zu erkennen: Die Rhizobien zeigen eine anormale Form, und ihre Stäbchen sind zur Form eines Ypsilon misgebildet. (Um sie zu sehen, ist allerdings eine starke Vergrößerung erforderlich. Am besten gelingt die Beobachtung im Phasenkontrast oder nach Anfärben mit Karminessigsäure.)

Immer wieder sterben Bakterien in den Knöllchen ab und setzen Verbindungen, die sie aus dem Stickstoff der Luft zu bilden vermögen, frei. Die schnelle Entwicklung vieler Schmetterlingsblütler auf armen Böden wird durch diese Versorgung mit Stickstoffverbindungen überhaupt erst möglich. Andererseits können diese Bakterien überhaupt nur in Verbindung mit ihren Wirtspflanzen gedeihen.

Die Rhizobien – äußerlich nicht zu unterscheiden – sind streng spezialisiert: Formen, die auf Klee gedeihen, sind nicht in der Lage, Lupinen oder Luzerne zu besiedeln. Es gibt etwa ein Dutzend verschiedene



Links: Wurzelknöllchen eines Schmetterlingsblütengewächses im Schnitt; eingedrungene Bakterien dunkel gezeichnet. Darunter: vergrößert. Normalgeformte Bakterien (1) und unter Gegenwirkung der Pflanze mißgebildete Bakterien (2). Rechts: Bohnenwurzel mit zahlreichen Knöllchen.

Stämme: Der Anbau von Leguminosen in einer Gegend, in der sie früher unbekannt waren, ist also mit einem beträchtlichen Risiko behaftet: Mitunter werden die Lieferungen an Saatgut sogar mit dem richtigen Stamm der Bakterien ‚geimpft‘, um das spätere Gedeihen der auflaufenden Pflanzen in jedem Fall zu sichern.

## *Partnerschaft zwischen Pflanzen und Tieren*

Pflanzen sind nicht nur Nahrung oder Lebensraum für Tiere, in vielen Fällen hat sich eine echte Partnerschaft herausgebildet. Pflanzen und Tiere leben zusammen zum gegenseitigen Vorteil. Ein gutes Beispiel dafür sind Bestäubungssymbiosen. Hier liefert die Pflanze Nektar und Pollen; Insekten, Vögel oder Fledermäuse übertragen den Pollen bei der Nahrungssuche und sichern damit die Vermehrung der Pflanzen (s. Kapitel 5).

Manchmal bietet die Pflanze nicht nur Nahrung, sondern ist gleichzeitig die „Kinderstube“ für die Insektenlarven. Die Palmlilie und die Yucca-Motte bilden eine solche Symbiose, bei der ein Partner nicht ohne den anderen auskommt. Die Palmlilie oder Yucca stammt aus Amerika. Bei uns ist sie eine beliebte Gartenpflanze, die durch ihre großen weißen Blütenstände auffällt. Sie wird nur durch einen bestimmten Kleinschmetterling bestäubt, der nach seinem pflanzlichen Partner Yucca-Motte heißt. Bestäubung und Brutpflege laufen nach einem festen Schema ab: Das Mottenweibchen sammelt Pollen, den es nicht frißt, und formt daraus eine Kugel, etwa dreimal so groß wie sein Kopf. Dann sticht es den Fruchtknoten der Yucca von der Seite an, legt einige Eier in das erste Fach, klettert zur Narbe und stopft einen Teil des Pollens in den entsprechenden Griffelkanal. Anschließend wird das zweite Fach mit Eiern belegt und bestäubt und am Schluß das dritte. Die Räumchen schlüpfen bald nach der Entwicklung der Samen. Sie fressen etwa 10 bis 20 der jungen Samen, lassen sich dann an einem Spinnfaden herab und verpuppen sich in der Erde. Über 100 weitere Samen aber können sich ungestört im Fruchtknoten entwickeln, und damit ist auch die Vermehrung der Palmlilie gesichert.

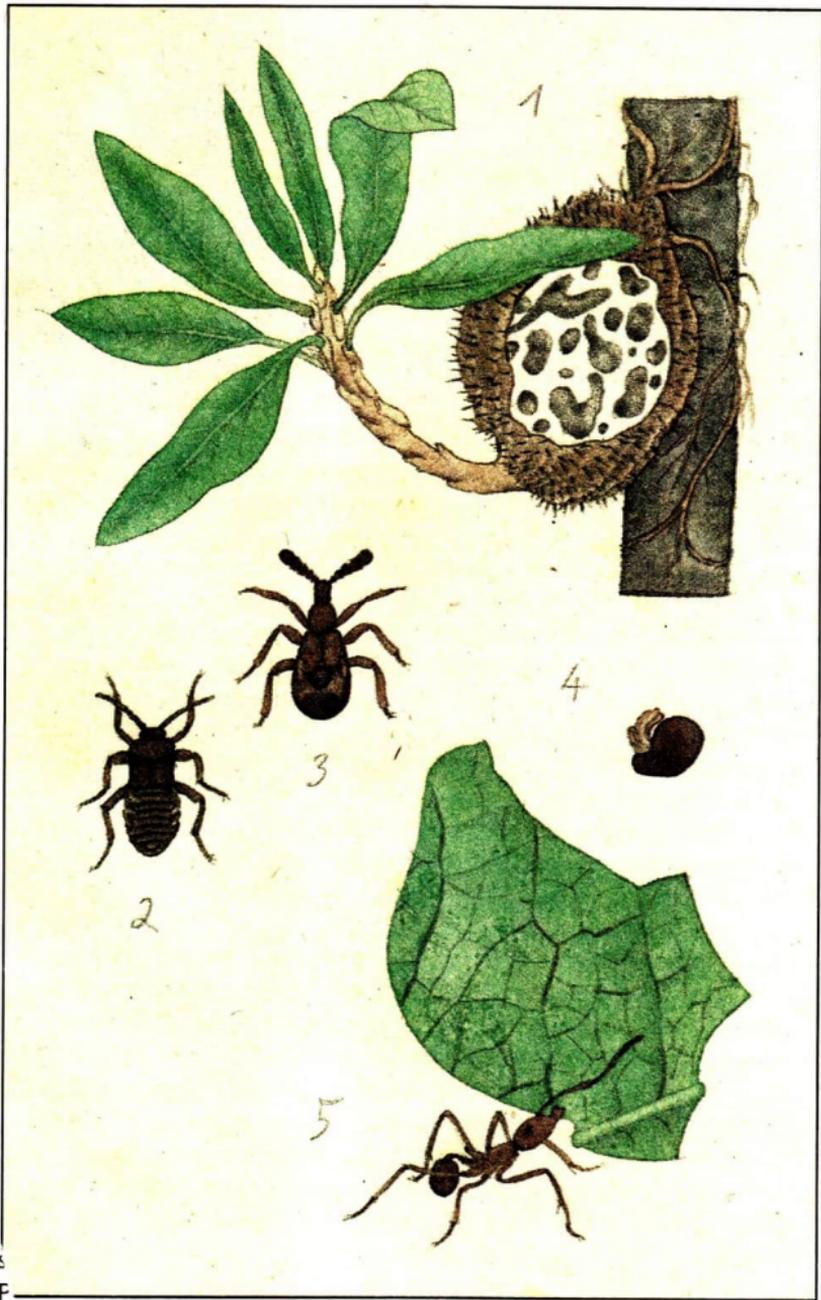
---

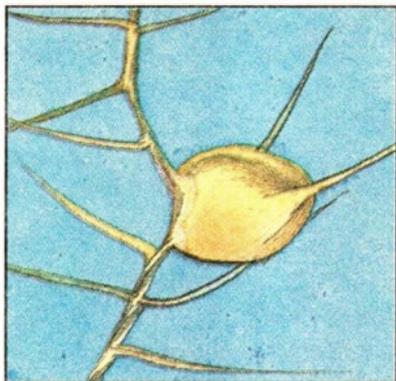
1) Die Ameisenpflanze *Myrmecodia* mit aufgeschnittener Knolle.

2/3) In den Ameisennestern leben auch verschiedene Käfer als „Gäste“.

4) Samen mit einem Ölkörper werden durch Ameisen verbreitet.

5) Eine Blattschneiderameise trägt ein Blattstück in ihr Nest.





*Ein hohler Dorn der Akazie dient den Ameisen als Wohnraum.*



*Eine Hummel besucht die Blüten der Bergenie.*

Eine andere enge Partnerschaft hat sich zwischen Ameisen und Pflanzen entwickelt. Die Pflanzen bieten Wohnraum und meist auch Nahrung, die Ameisen schützen ihre Pflanze vor Freßfeinden und Konkurrenten. Die Ameisenpflanze *Myrmecodia* kommt als Epiphyt im tropischen Regenwald vor. Sie wächst aus einer etwa 30 Zentimeter breiten fleischigen Knolle, die außen Warzen und Dornen trägt und im Innern ein saftreiches Gewebe mit Höhlen und Gängen enthält. Hier siedeln sich regelmäßig Ameisen an, die Schutz vor starken Regengüssen suchen und in Erdnestern ertrinken würden. Abgefallene Knollen sind deshalb nicht attraktiv und werden sofort verlassen. Diese Form des Zusammenlebens ist erst der Beginn einer Symbiose, die Ameisen halten zwar ihre Knolle frei von anderen Insekten, doch ist der Vorteil für die Ameisenpflanze relativ gering.

Engere Kontakte bestehen zwischen Akazien und Ameisen. Die Tiere wohnen hier in hohlen Dornen, in die sie an der Spitze ein Loch beißen. Außer Wohnraum liefert die Pflanze auch Futter: An den Blattstielen befinden sich Nektardrüsen, die den begehrten Zuckersaft absondern, und an den Spitzen der Fiederblättchen wachsen birnenförmige Futterkörperchen, die Öl und Eiweiß enthalten und den Ameisen als Nahrung dienen. Dafür übernehmen sie den Schutz der Akazien vor anderen Insekten. Wie wichtig ein solcher Schutz ist, wurde kürzlich in einem Versuch an Passionsblumen nachgewiesen. Auch sie bieten den Ameisen Nektar. Entfernt man die Nektardrüsen, bleiben die Gastameisen aus, dafür nimmt der Besuch pflanzenfressender Insekten zu, und die Entwicklung von Früchten verringert sich.

Viele Samen enthalten ein fett- und zuckerreiches Anhängsel, den Ölkörper. Sie werden deshalb von Ameisen verbreitet, die den Ölkörper auf dem Weg zum Nest oder im Bau verzehren. Um die Wirkung des Ölkörpers als Verbreitungsmittel zu überprüfen, eignet sich ein Versuch.



*Samenverbreitung durch Ameisen.* Wir ernten einige reife Samen des Schöllkrauts (ebenfalls geeignet sind z. B. Samen von Veilchen, Lerchensporn, Schneeglöckchen, Leberblümchen, Buschwindröschen, Weißer Taubnessel). Von der Hälfte der Samen entfernen wir den Ölkörper, dann streuen wir beide Samenproben auf eine Ameisenstraße und beobachten, welche Samen von den Ameisen bevorzugt verschleppt werden.

Eine echte Symbiose besteht auch zwischen der *Barteria*, einem immergrünen Baum des afrikanischen Regenwaldes, und ihren Ameisen. Die schwarzen Ameisen leben gemeinsam mit Schildläusen in den hohlen Stämmen und ernähren sich dort von dem zuckerhaltigen Saft der Läuse. Als Gegenleistung säubern sie die Blätter der *Barteria* von Schadinsekten und beißen sogar am Boden Schlingpflanzen ab, so daß der Baum ungestört wachsen kann.

Auch zwischen Insekten und Pilzen gibt es enge Partnerschaften. Manche Ameisen, Termiten und Borkenkäfer haben sich zu richtigen „Pilzzüchtern“ entwickelt. Die Blattschneiderameisen des tropischen Amerika besteigen Bäume, schneiden aus den Blättern große Stücke heraus und tragen sie in ihre unterirdischen Nester. Bei Massenaufreten werden Obstplantagen völlig entblättert, sehr zum Ärger ihrer Besitzer. Die Ameisennester reichen bis 10 Meter tief in den Boden und bestehen aus zahlreichen Kammern. Darin speichern die Ameisen die zerkauten und eingespeichelten Blattstücke und kultivieren darauf einen bestimmten Pilz: Sie impfen den Blattbrei mit dem Pilzmyzel, düngen ihn mit ihrem Kot, halten ihn „unkrautfrei“, indem sie fremde Pilze unterdrücken, und verbeißen die wachsenden Pilzfäden. Daraufhin bildet der Pilz eiweißreiche Verdickungen, die sogenannten Kohlrabi, die die einzige Nahrung der Ameisen und ihrer Brut darstellen. Wie lebenswichtig der Pilz ist, erkennt man daran, daß Ameisenweibchen bei der Neugründung eines Nestes stets etwas Pilzmyzel mitbringen.

Algen treten häufig in besonders engen Kontakt zu Tieren, sie leben im Innern ihrer Partner. Solche Tiere sind selbst farblos und durchsichtig, so daß das Licht bis zu den Algen eindringen kann, und erst durch ihre Partner erscheinen sie gefärbt: Süßwassertiere wie Schwämme, Polypen

und Strudelwürmer sehen meist grün aus, während bei Meeresbewohnern gelb-braune Farbtöne vorherrschen. Bei diesen Endosymbiosen erhalten die Algen „Wohnraum“, Kohlendioxid für die Photosynthese und wichtige organische Verbindungen. Die Tiere profitieren von der autotrophen Ernährung der Pflanzen, entweder verbrauchen sie ihre Assimilate oder sogar einen Teil der Algen selbst.

Endosymbiosen mit Bakterien, Hefen oder tierischen Einzellern kommen bei vielen Tieren vor. Vor allem Nahrungsspezialisten, wie Holz- und Hornfresser, Säfte- und Blutsauger, sind auf die Hilfe von Bakterien angewiesen. In ihrer einseitigen Nahrung fehlen bestimmte Aminosäuren und Vitamine, die ihnen die kleinen Partner liefern.

Andere Tiere können die aufgenommene Nahrung selbst nicht verdauen, da ihnen die passenden Enzyme fehlen. Das übernehmen für sie Bakterien und Einzeller. Im Magen vieler Pflanzenfresser leben Bakterien und Wimpertierchen, die die sonst unverdaulichen Zellwände der Futterpflanzen abbauen. Die Wimpertierchen, die nach ihrem Lebensraum auch Pansenciliaten heißen, treten in großer Anzahl auf: beim Schaf rund eine Million in einem Kubikzentimeter Mageninhalt. -

Auch beim Menschen gibt es im Dickdarm eine sogenannte Darmflora aus lebenswichtigen Bakterien. Sie sind in zweifacher Weise nützlich: Sie bauen einen Teil der Zellulose der Pflanzenzellen ab, so daß die in den Zellen eingeschlossenen Nährstoffe verdaut werden können, und sie bilden das Vitamin B<sub>12</sub> (Cobalamin), das für die Entwicklung der roten Blutkörperchen notwendig ist.

Man hat in Versuchen symbiontenfreie Insekten gezüchtet, aber sie lebten nicht lange und konnten sich nicht voll entwickeln. Die Bakterien sind für sie unersetzlich. Deshalb werden sie bei der Fortpflanzung auf die nächste Tiergeneration übertragen. Sie leben in speziellen Organen im Hinterleib der Insekten. Beim Legen werden die Eier mit Bakterien aus diesen Reservoiren infiziert oder mit Symbiontenpaketen gemischt. Wenn die Larven geschlüpft sind, fressen sie als erstes die Eischalen und nehmen dabei ihre Partner auf, für die damit ein neuer Lebensraum erschlossen ist.

## *Halbparasiten*

Allgemein bekannt sind die Misteln. In vielen Ländern sind sie der traditionelle Weihnachtsschmuck. Misteln wachsen auf Laubbäumen, besonders häufig auf Weiden und Pappeln, daneben auch auf Kiefern. Die Mi-



*Nahrungsangebot und Bestäubung – Partnerschaft zwischen Pflanze und Tier.*



*An unbelaubten Bäumen fallen die immergrünen Misteln besonders auf.*

stel der Laubbäume fällt im Winter, wenn die Bäume ihre Blätter verloren haben, am meisten auf; die kugelförmige Mistel bleibt nämlich das ganze Jahr hindurch grün. Aus der Nähe erkennt man im Herbst und Winter auch die hellgelben, fast weißen Beeren. Sie werden von Vögeln gefressen, besonders von bestimmten Drosselarten. Wer ein Fernglas besitzt, kann in der Nähe gut entwickelter Misteln Studien machen, welche Vogelarten die Beeren der Misteln fressen. Sie scheiden die Samen später unzerstört aus, was die Verbreitung der Misteln sichert.

Wer auf einen Baum klettert und einen Zweig mit einer Mistel absägt, kann den Ast aufschneiden, auf dem die Mistel sitzt. Deutlich erkennt man ihre Senker (Haustorien), die tief in das Holz reichen.

Die Mistel entzieht ihrem Wirt nur Wasser und Nährsalze, aber keine Assimilate. Für Kohlenhydrate sorgt sie mit ihren grünen Blättern selbst. Ihr Verhältnis zum Wirt bezeichnet man daher als „Halbparasitismus“.

An der Mistel ist zu beobachten, daß die Sprosse gabelig verzweigt sind. Es gibt hier keinen Hauptstamm mit Nebenästen, sondern an jeder Verzweigungsstelle nur ‚gleichberechtigte‘ Zweige. Die annähernd kugelige Form, schon von weitem auffällig, kommt dadurch zustande.

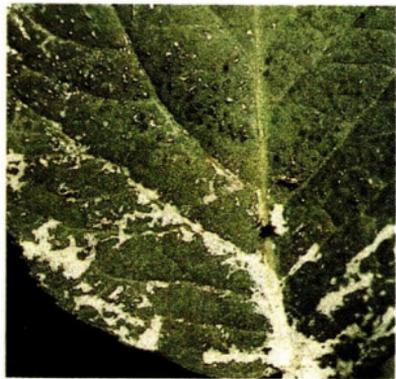
## *Dienstleistungen und Gegenseitigkeit bei Tieren*

Das Zusammenleben von Tierarten ist im Vergleich mit entsprechenden pflanzlichen Gemeinschaften oder auch solchen zwischen Pflanze und Tier wegen der größeren Zahl beteiligter Tierarten und des Handlungs-

spielraums beider Partner weitaus vielseitiger. Man hat ein ganzes System von Bezeichnungen erdacht, um die verschiedenen Möglichkeiten zu ordnen. Aber allzuoft weiß man nicht recht, wo das parasitische Leben mit einseitigem Vorteil und Nachteilen für den anderen aufhört und wo der beiderseitige Nutzen anfängt. Dazwischen gibt es noch die Möglichkeit, daß der eine der beiden Partner von der Gemeinschaft profitiert, ohne daß der andere dadurch geschädigt wird. Ein wenig fragwürdig ist die Zuordnung auch im Fall der oft zitierten Beziehungen zwischen Ameisen und Blattläusen. Hier kann man leicht selbst Beobachtungen anstellen, die vermutlich zu Ergebnissen führen werden, die nicht völlig mit dem übereinstimmen, was so oft in der Literatur behauptet wird. Meist laufen die Schilderungen darauf hinaus, daß Ameisen Blattläuse wie Haustiere halten und sie vor Feinden schützen, wofür sich die Blattläuse melken lassen, das heißt, sie geben auf Verlangen, das durch Beklopfen mit den Fühlern ausgedrückt wird, einen Tropfen ihres zuckerhaltigen Kotes ab. Allzu oft schleicht sich in die Darlegung auch noch die Vorstellung ein, daß es sich beim Schutz der Blattläuse um eine bewußte Tätigkeit handelt. So kann man irgendwo lesen, nachts würde eine Ameise als Wache bei den ausgebeuteten Blattlauskolonien zurückbleiben, um sie zu schützen.

Hier ist Richtiges mit Falschem vermengt. Im übrigen könnte man noch ergänzen, daß manche Ameisen „ihre“ an einem Stengel saugenden Blattläuse sogar noch in einer Weise mit allem möglichen Material umbauen, daß Blattlausfresser kaum noch Zutritt haben. Andererseits stellt man enttäuscht fest, daß sich die Ameisen um so bedeutende Blattlausfresser wie Marienkäfer und Schwebfliegenlarven überhaupt nicht kümmern und auch die kleinen Blattlausparasiten unbehelligt bleiben. Die einen sind in ihren Bewegungen zu langsam, um ihre Aufmerksamkeit zu erregen, die anderen zu klein. Dagegen werden oft gerade landende oder lebhaft in den Kolonien umherlaufende Insekten angegriffen. Dabei handelt es sich aber häufig um für die Blattläuse harmlose Insekten, die es ebenso wie die Ameisen auf den Honigtau abgesehen haben.

Wo also liegt der Vorteil für die Blattläuse? Teilweise mag es sich eher um ihre Ausbeutung als um eine Symbiose handeln. Doch in der Regel haben die Blattläuse sehr wohl einen Vorteil von der Ameisenbetreuung, nur steht die „Entsorgung“ dabei vor dem Schutz an erster Stelle. Beim Zusammenleben in großen Kolonien besteht die Gefahr, daß die Blattläuse im eigenen klebrigen Zuckerkot und den sich darauf ansiedelnden Pilzen umkommen. In beschränktem Maße hilft dagegen das Wegspritzen oder -schleudern von Kottropfen, das sich bei manchen Arten leicht



*Eine Blattlauskolonie mit Ameisenbesuch. Blattlauszucker auf einem Holunderblatt.*

beobachten läßt. Aber auch dieses Verfahren hat seine Grenzen, denn leicht landen die Kottropfen in einer anderen Kolonie. Es ist daher schon ein entscheidender Vorteil, wenn die Ameisen zuverlässig jeden Kottropfen abholen, und die Blattläuse mit seiner Abgabe auf eine Aufforderung warten.

Bei einiger Aufmerksamkeit findet man schnell Unterschiede in den gegenseitigen Beziehungen der Tiere heraus. So werden manche Blattlausarten überhaupt nicht von Ameisen besucht, während andere ganz besonders beliebt zu sein scheinen. Einige können sich ohne Hilfe der Ameisen überhaupt nicht mehr von ihrem Kot befreien. Am Rande sei bemerkt, daß die in Gallen lebenden Blattläuse, die auf die Dienstleistungen der Ameisen verzichten müssen, es fertig bringen, ihren Kot in Wachs einzuhüllen oder in ihren abgestreiften Häuten zu verpacken. Auch das kann man sich leicht vor Augen führen, wenn man Blattlausgallen (z. B. die an Pappelblattstielen oder Ulmenblättern vorkommenden) aufschneidet.

Ameisen dulden in ihren Nestern eine ganze Reihe anderer Insekten, die sie zum Teil sogar füttern. In erster Linie handelt es sich um kleine, oft kaum 2 mm lange Käfer aus verschiedenen Familien (Kurzflügler, Keulen-, Palpen- und Ameisenkäfer). Manche davon haben eine gewisse „Tastähnlichkeit“ mit ihren Wirten erworben, so daß sie in der Finsternis für Artgenossen gehalten werden mögen, während sie – bei Licht besehen – typische Käfer geblieben sind.

Vielfach hat ihre Duldung noch einen anderen Grund: Als alteingesessene Ameisengäste, die diese Laufbahn schon vor Millionen von Jahren eingeschlagen haben, erkaufen die genannten Käfer sich ihr Wohnrecht

dadurch, daß sie für die Ameisen Sekrete bereithalten, die für diese Ge-  
nußmittel, wenn nicht gar so etwas wie Rauschgifte sind. Die Pflege sol-  
cher Einmieter mag den Ameisen im günstigsten Fall ohne nachteilige  
Nebenwirkungen etwas mehr „Freude“ in ihrem kurzen Leben bringen.  
Damit könnte man die Beziehung als echte Symbiose einstufen. Aber  
allzu oft wird von den Mitbewohnern die Ameisenbrut angegriffen oder  
von den süchtigen Quartiergebern zugunsten der Betreuung der zweifel-  
haften Gäste vernachlässigt.

Teilweise handelt es sich wohl schon um einen echten Parasitismus.  
Sehr viele Einzelheiten des Zusammenlebens der Ameisen mit ihren Gä-  
sten sind noch unbekannt, nicht zuletzt deshalb, weil ihrer Beantwor-  
tung experimentelle Schwierigkeiten entgegenstehen. Herumwühlen in  
einem Ameisenhaufen stört naturgemäß die Wechselbeziehungen; des-  
wegen sollte man hier auf eigene Anschauung verzichten.

Nach diesen Bemerkungen zu einem unerschöpflichen Thema sei er-  
neut das Stichwort Dienstleistungen aufgegriffen. Wir, die wir in der  
glücklichen Lage sind, weitgehend frei von Parasiten zu sein, und mit ge-  
ringer Mühe fast jede Stelle unserer Körperoberfläche zu erreichen, kön-  
nen uns nur schwer in die Lage von Tieren versetzen, deren Haut wohl  
ständig irgendwo juckt, ohne daß sie sich kratzen können. Bei den Land-  
bewohnern, um die es zunächst geht, gehören in vielen Gebieten Zecken  
zu den schlimmsten Lästlingen, in manchen Gegenden sind es auch in  
der Haut lebende Dasselfliegenmaden oder Landblutegel.

Als Helfer in der Not gibt es eine Anzahl von Vögeln, die sich durch  
Ungeziefervertilgung nützlich machen und auf diese Dienstleistung spe-  
zialisiert sind, weil der Ertrag sie für ihre Mühe entschädigt. In Steppen  
und Wüsten südlich der Sahara klettern Madenhackerstare auf allen  
möglichen Großtieren umher wie Spechte an einem Baumstamm. Zu ih-  
rem Kundendienst gehört es, daß sie die Huftiere vor Gefahren warnen.  
Wenn sie manchmal wie lästige Insekten abgewehrt werden, geschieht  
das, weil das Herumstochern in Wunden schmerzt und dabei gelegent-  
lich die Grenze zum Parasitismus überschritten und auch etwas Gewebe  
des Wirtes gefressen wird.

In Afrika liest ferner die Piapia, ein elsterähnlicher Vogel, Großtieren  
Ungeziefer ab. In Indien hat sich der Mainstar auf die gleiche ökologi-  
sche Nische eingestellt, und im tropischen Amerika sind es mehrere Stör-  
linge und der Madenhackerkuckuck. Auf Djawa putzt die Sundakräh-  
e Bantengs und Schweine, wobei die Kunden Haltungen einnehmen, die  
die Arbeit des Putzers erleichtern. Aus diesem Grunde recken sich die Ga-  
lapagos-Leguane auf ihren Beinen hoch, um den sie putzenden Darwin-

finken auch ihre Unterseite zugänglich zu machen. Schon die Schriftsteller des Altertums berichteten, ein Vogel, der Krokodilwächter, putze die Zähne des Nilkrokodils, wofür aber aus der Neuzeit wenig Beobachtungen vorliegen. Das Gebiß kubanischer Krokodile wird ebenso wie die Haut der Flußpferde in Afrika von Fischen geputzt.

Wie groß die Bedeutung der Putzerfische für andere Fische ist, wurde erst durch den Tauchsport bekannt, der einerseits viel zur Kenntnis der Unterwasserlebewesen beitrug, andererseits durch sinnlose Harpunenjagd, Trophäensammeln und Unbedachtheit katastrophale Zerstörungen anrichtete. Man kann hier, ohne allen Fällen gerecht zu werden, wie folgt verallgemeinern: Putzerfische haben vorzugsweise eine auffällige Längsstreifung, die den „Kunden“ als „Berufskleidung“ bekannt ist.

Putzerfische halten sich oft an bestimmten Putzstationen auf, die ortskundige Fische bei Bedarf aufsuchen.

Putzwillige Fische nehmen (manchmal unter Verfärbung) bestimmte Körperhaltungen ein, z. B. kippen sie nach vorn oder sie legen sich schräg auf die Seite. Das wird von den Putzern als Aufforderung verstanden.

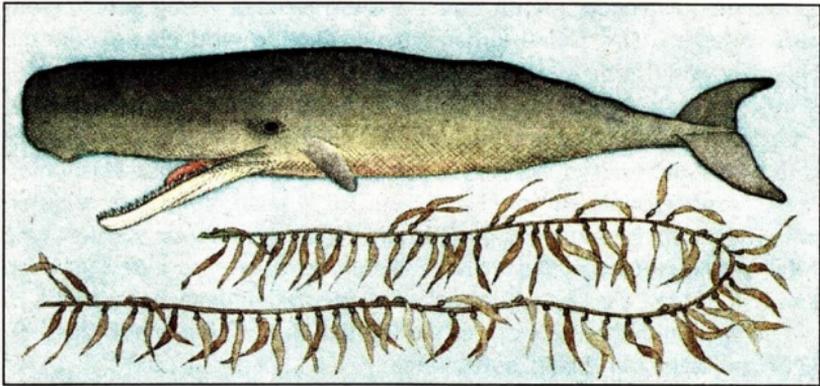
Teilweise geht die Verständigung so weit, daß der Putzer durch Betrihlern mit den Flossen zu verstehen gibt, wo er gerade tätig ist, so daß der Kunde beispielsweise die bearbeiteten Flossen still hält. Oder der Kunde öffnet das Maul, wenn der Putzer gegen die Mundwinkel stößt. Andererseits wird der Putzer – auch von Raubfischen, die ihn verschlucken könnten – durch bestimmte Signale zu dessen Verlassen aufgefordert, wenn der Kunde wegschwimmen oder wieder richtig durchatmen will.

Auf den Bahamainseln fing man einmal alle Putzer eines Riffes weg, um zu sehen, wie sich das auswirken würde. Es führte zur Abwanderung der bisher betreuten Fische, und die verbliebenen ließen schon nach zwei Wochen viele Haut- und Flossenschäden erkennen. An der gleichen Stelle wurde festgestellt, daß ein einziger Putzer in sechs Stunden über 500 Fische bediente. Im Aquarium wurde beobachtet, daß auch völlig parasitenfreie Fische das Bedürfnis haben, sich putzen zu lassen.



*Traditionsbildung.* Bei Vögeln und Säugetieren kommt es oft zur Traditionsbildung, das heißt zur Annahme neuer Verhaltensweisen, die die angeborenen ergänzen. Dabei lernt ein Tier vom anderen. Von Skandinavien aus breitete sich auf diese Weise ein neues Abwehrverhalten der Wacholderdrossel bis nach Mitteleuropa aus: Greifvögel werden von ihnen gemeinschaftlich so mit Kot vollgespritzt, daß sie schließlich nicht mehr flugfähig sind.

# Mit Zentimetermaß und Stoppuhr



## *Höchstleistungen in der Natur*

Wie Wunder erscheinende Vorgänge gibt es im Zellmaßstab, in physiologischen Funktionen, Instinkten und Verhaltensweisen. Hier geht es um Meßbares, das sich in Rekorden ausdrücken läßt, wenn diese auch etwas Menschliches sind, da in der Natur nur die zum Überleben der Art beitragende Gesamtleistung zählt.

Bevor Zahlen genannt werden, sei etwas über die Schwierigkeiten gesagt, die Anlaß sein könnten, die bekannte Formel „alle Angaben ohne Gewähr“ voranzustellen. Die angeführten Größen sind relativ unproblematisch. Es handelt sich um noch einigermaßen normale Werte, während ganz vereinzelte Vertreter der Art etwas größer werden oder etwas kleiner bleiben können. Bei den Altersangaben für Tiere gibt es ein Nebeneinander von solchen, die für medizinisch betreute Zoobewohner gelten, und davon stark abweichenden, die unter natürlichen Bedingungen ermittelt wurden.

Fast immer – und das gilt nicht nur für Altersangaben – ist der Umfang der Stichproben zu klein. Hätte man nur Altersangaben für die Bevölkerung eines Dorfes zur Verfügung, käme man leicht zu dem Schluß, das menschliche Leben würde bestenfalls 85 Jahre währen. Bei einer Großstadtbevölkerung müßte man auf etwa 100 Jahre erhöhen, und für die Menschheit im Ganzen käme man fast auf das Doppelte der erstgenannten Zahl. Im Falle von Tieren entspricht der Stichprobenumfang aber noch allzu oft kaum dem einer Dorfbevölkerung. Höchstalter oder

auch Größen müssen daher bei seiner Erweiterung immer mehr ansteigen. Das bedarf aber einer Einschränkung: Manche Tiere, namentlich viele Fische und Kriechtiere, wachsen ebenso wie die Bäume zeitlebens weiter. Daher werden die bisher bekannten Höchstwerte infolge stärkerer Verfolgung oder weil in dem eingeengten Lebensraum nicht mehr so viele Tiere leben können, heute nicht erreicht.

Ein leidiges Kapitel sind Geschwindigkeiten. Oft handelt es sich bei den Angaben nur um Schätzungen, und mindestens zweimal machte eine angeblich 1300 km/h fliegende Fliege, von der wir heute wissen, daß sie mit etwa 40 km/h fliegt, die Runde durch die Zeitungen der Welt. In anderen Fällen geht man von nicht sehr genauen Vergleichen mit der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs oder Schiffs aus. Fast immer bleiben Windgeschwindigkeit und -richtung unberücksichtigt, ebenso, ob es etwas bergauf oder bergab ging. Bei Zusammenstellungen fehlt meist auch eine Angabe darüber, wo es sich um eine Dauerleistung und wo um einen kurzen Sprint handelt. Aber lassen wir endlich ausgewählte Zahlen sprechen:

Wie kaum anders zu erwarten, wird die höchste Geschwindigkeit von fliegenden Vögeln erreicht. Da man bestenfalls die Winkelgeschwindigkeit, nicht aber die Höhe messen kann, sind Überschätzungen hier an der Tagesordnung. Als schnellste Flieger gelten Verwandte des Mauerseglers, die Stachelschwanzsegler, für die neuerdings 170 km/h angegeben werden, während man früher auch 352 km/h las. Ein Wanderfalke, der ein Tachometer mitführte, brachte es auf 131 km/h. Bei den 352 km/h der Stachelschwanzsegler und nicht allzu weit davon entfernten Werten für den Wanderfalken handelt es sich allenfalls um im Sturzflug erreichte Geschwindigkeiten.

Womöglich sind Kolibris eine ernsthafte Konkurrenz für Segler und Greife. Die auf dieser Seite erwähnten Arten sollen ihren Tageszielen und Schlafplätzen mit 100 km/h bis 120 km/h zueilen. Bei Flugspielen sind Kolibris für Augenblicke womöglich noch schneller. An dieser Stelle seien gleich einige Dauerleistungen gewürdigt. Auch dabei verdient ein Kolibri Erwähnung: Der nur etwa 3,5 g schwere Rubinkohlkolibri fliegt ohne Pause 800 km über den Golf von Mexiko. Der reichlich drosselgroße alaskische Goldregenpfeifer steuert gar im Nonstopflug die Hawaii-Inseln (3300 km) an, zum Teil aber auch die 6300 km entfernten Marquesas-Inseln. Die östliche Form des Goldregenpfeifers fliegt, vermutlich ebenfalls ohne Pause, von Nordkanada bis zu den Antillen und nach Südamerika, wobei in 48 Stunden etwa 5500 km zurückgelegt werden. Spielend scheint der Mauersegler einen Dauerrekord im Fliegen zu

bewältigen. Auf Aufwindpolster gebettet, kann er in größerer Höhe in der Luft schlafen, und die nach dem Ausfliegen nicht mehr ins Nest zurückkehrenden Jungtiere sind vielleicht für Wochen pausenlos auf dem Flügel!

Fledermäuse sind im allgemeinen keine schnellen Flieger, doch soll die südliche Langflügel-Fledermaus rund 70 km/h schnell sein. Etwa die gleiche Geschwindigkeit könnten manche Fliegen und Libellen erreichen. Bezieht man die Geschwindigkeit auf die Körperlänge, liegen sie damit an der Spitze aller flugfähigen Tiere. Aber noch erstaunlicher ist die von Insekten erreichte Flügelschlagfrequenz: Während Kolibris meist unter 50 Flügelschlägen/s bleiben – der Amethyst-Kolibri z. B. erreicht 78 Flügelschläge/s – kann man bei mittelgroßen Fliegen und Bienen schon mit 200 bis 300 Flügelschlägen/s rechnen, und kleinste Zweiflügler (Gnitzen) bringen es bis auf 1000 Flügelschläge/s.

Die Erwartung, daß große Tiere schneller sein müßten als kleine, bestätigt sich bei Läufern wohl noch eher als bei Fliegern, allerdings nur bis zu einer mittleren Größe. Darüber hinaus wird das Verhältnis von zu bewegender Masse (die mit der 3. Potenz der Länge wächst) und dem für die Wirksamkeit entscheidenden Querschnitt der Muskulatur (der nur mit der 2. Potenz zunimmt) zu ungünstig. So sind weder die größten Vögel die besten Flieger noch die größten Säugetiere die besten Läufer. Rekordhalter bei den Säugetieren ist der Gepard, der seine Spitzengeschwindigkeit von 112 km/h nur ganz kurze Zeit durchhält. Ausdauernder ist der amerikanische Gabelbock mit 98 km/h. Mit 80 km/h sind Gnus, Thomsongazellen und einige andere Antilopen ebenso schnell wie ein erstklassiges Rennpferd. Die gleiche Geschwindigkeit wird auch für den Löwen angegeben. Der Husarenaffe ist mit 50 km/h schneller als ein Spitzensportler über 100 m.

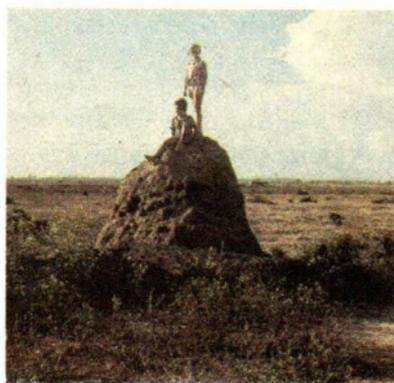
Im Wasser sind Geschwindigkeiten noch schwerer zu ermitteln als auf dem Land. Schwertfische sollen es auf erstaunliche 135 km/h bringen, Fächer- und Thunfische noch auf 100 km/h. Hier scheinen Zweifel am Platz. Für die großen Bartenwale liest man von 50 km/h, zum Teil findet man auch etwas höhere Werte. Die normale Geschwindigkeit von Delfinen, die auch schnelle Schiffe umspielen, liegt bei etwa 30 km/h, doch werden vom Großen Tümmler (dem am häufigsten dressierten Delfin) auch 50 km/h bis 60 km/h, von einer anderen Art 70 km/h erreicht. Für das Unterwasserschwimmen von Pinguinen gelten 40 km/h als Höchstgeschwindigkeit. Dafür, daß auch Tintenschnecken mit ihrem eigentümlichen Rückstoßschwimmen unerwartet schnell sein können, spricht die Tatsache, daß der fliegende Kalmar wie die fliegenden Fische

die Oberfläche durchbrechen und 40 m bis 50 m durch die Luft gleiten kann.

Diese Fähigkeit mag zu einigen Sprunghöhen überleiten, wobei gleich mit Springen aus dem Wasser heraus begonnen wird. Überraschend ist, daß ganze Pinguingruppen Eis- oder Felskanten erspringen, die 1,80 m hoch sein dürfen. Auf Hochsprung dressierte Tümmler bringen es, offenbar ohne große Mühe, auf 6 m, und der Rekord liegt bei 8,50 m. Mit weitaus größerer Anstrengung schafft der Lachs 3,65 m, wenn sich seiner Laichwanderung Wehre oder Stromschnellen entgegenstellen. Immerhin liegt er damit mehr als 1 m über dem derzeit gültigen menschlichen Hochsprungrekord, und er springt sozusagen aus dem Stand. Der Weißwedelhirsch soll es auf 3,50 m Höhe bringen. 5 m werden für den Jaguar angegeben. Für Riesenkänguruhs werden so unterschiedliche Zahlen genannt, daß man am besten auf sie verzichtet. Erstaunlich sind die Sprungleistungen einiger Halbaffen. Der Zwerggalago soll 4 m, der Katta noch 3 m hoch springen. Bei den Sprungweiten führen Virginiahirsch und Schneeleopard mit 15 m. Das Riesenkänguruh folgt mit 12 m, der Rothirsch mit 11 m. Falls die für den Springhasen angegebenen 10 m zutreffen, wäre das für das kaninchengroße Tier eine höchst beachtliche Leistung. Auch die 4 m einer Springmaus erscheinen erwähnenswert.

Beim Tauchen vollbringen einige lungenatmende Tiere bewundernswürdige Leistungen. Von Fröschen und Molchen, die sich durch ihre Hautatmung lange Zeit von der atmosphärischen Luft unabhängig machen können, wird hier abgesehen. Rekordhalter ist eindeutig der Pottwal, dem eine Tauchdauer von 75 Minuten bestätigt wurde. Unfälle mit Tiefseekabeln erwiesen Tauchtiefen bis 1134 m; nach Beobachtungen an Ultraschallpeilgeräten scheint das aber noch längst nicht das Maximum zu sein.

Da in der Tiefe, weitab von den am Anfang der Nahrungsketten stehenden Algen, nur eine sehr geringe Biomasse vorhanden ist, ist es schwer verständlich, warum die Tiere so anstrengende Tauchgänge unternehmen. Das Rätsel wird wohl erst im Zusammenhang mit einem anderen gelöst werden: In welcher Tiefe und wovon leben eigentlich die ab und an tot aufgefundenen Riesenkalmare? Wedellrobben tauchen bis 600 m tief, und der Kaiserpinguin soll 265 m erreicht und sich 18 Minuten unter Wasser aufgehalten haben. Beeindruckend ist auch ein ganz anderer Tiefenrekord. Sieht man von Höhlen ab, gibt es schon wenige Meter unter unseren Füßen kein Leben mehr, denn unterhalb des Wurzelhorizontes der Pflanzen fehlt die Ernährungsbasis. Aber Termiten, deren Arbeiter in der Mehrzahl deutlich kleiner als eine Stubenfliege sind,



*Termiten leisten in Hoch- und Tiefbau gleich Erstaunliches.*

gruben in Senegal bis zum 45 m oder 55 m tiefen Grundwasser reichende Gänge, mit denen sie für die nötige Luftfeuchtigkeit in ihren Nestern sorgen. Aus der Wüste Karakum wurden noch weit tiefere Schächte gemeldet, doch scheinen hier exakte Nachweise zu fehlen.

Termiten wären aussichtsreiche Favoriten, ginge es um einen Preis für das größte Bauwerk im Tierreich. Über ihren unterirdischen Nestern können sie noch tonnenschwere Bauten errichten, die bei manchen Arten 6 m oder 7 m hoch aufragen. Oder sollte man den Preis den Bibern zuerkennen? Aus Nordamerika wird über einen von ihnen gebauten Staudamm berichtet, der auf 700 m Länge begehbar war.

Schließlich ist auch an die Korallen zu denken, mit deren Bauwerken sich selbst menschliche kaum vergleichen lassen, hat doch das Barriere-Riff vor der australischen Ostküste eine Länge von 2000 km. Aber Korallen bauen ja ganz anders. Sie verschwenden daran keine Bewegungsaktivität, sondern scheiden ihr Baumaterial ähnlich wie Schnecken ihre Gehäuse als Außenskelett ab. Zudem sind sie eher mit einer Baufirma als mit Bauarbeitern zu vergleichen, denn die ihnen zugeschriebenen Riffe kämen ohne eine maßgebliche Beteiligung von Kalkalgen, Schwämmen, Röhrenwürmern, Muscheln und anderen Tieren kaum zustande.

Wenn es um die oft gestellte Frage nach dem Höchstalter von Tieren geht, stößt man häufig auf übertriebene Vorstellungen. Vor allem wurde Elefanten oft ein märchenhaftes Alter zugeschrieben. Sicher spielt dabei die Erfahrung mit, daß es auch hier eine Beziehung zur Größe gibt. Große Tiere müssen oft allein deswegen älter werden als kleinere Verwandte, weil sie noch gar nicht ausgewachsen sind, wenn deren Lebensuhr bereits abgelaufen ist. Zwei Asiatische Elefanten wurden 69 und

68 Jahre alt, aber nur sehr wenige Elefanten erleben überhaupt ihren 50. Geburtstag. Mit einer etwa 50jährigen Lebensdauer kann heute bei gut betreuten Menschenaffen gerechnet werden, von denen derzeit der Orang-Utan mit 59 Jahren an der Spitze liegt. Die Lebenserwartung im Freiland ist jedoch weit niedriger anzusetzen. Unter den Säugetieren sind in dieser Altersklasse ferner Pferd (60), Flußpferd (54,5), Mandrill (50), Spitzmaulnashorn (46), Kegelrobbe (46) und der eierlegende Schnabeligel (rund 50) zu nennen.

Dabei verdankt das Pferd seine Spitzenstellung wohl nur dem vergleichsweise riesigen Stichprobenumfang. Wie dieser sich auswirken kann, zeigt das Beispiel der Hauskatze sehr deutlich: Als Rekord wurden für sie 36 Jahre notiert, also das Doppelte eines schon als gesegnet zu bezeichnenden, aber noch einigermaßen normalen Katzenlebens. Nicht anders ist es beim Hund, der mit bis zu 34 Jahren verbucht wurde.

Hinsichtlich der erwähnten Größenbeziehung gibt es bei den Fledermäusen Außenseiter, d. h. sie werden wesentlich älter als kleine Nagetiere oder Insektenfresser. Durch Markierung wurden der Kleinen Hufeisennase 30 Jahre nachgewiesen. Aber diese Tiere verschlafen ja auch den größeren Teil des Lebens unter starker Drosselung ihrer physiologischen Funktionen.

Mehr als einmal wurde behauptet, daß Papageien als Familienerbstücke mehr als 100 Jahre alt geworden wären, Kolkrabe und Uhu wurden 80. Sehr alt werden auch Kondor (72), Steinadler (57), Gänsegeier (118) und Mönchsgeier (52 bzw. über 50). Einem Königsalbatros konnten wenigstens 54 Jahre nachgewiesen werden, und ein Rosaflamingo erreichte 50 Jahre. Kleinvögel können mit solchen Rekorden nicht mithalten, und selbst der millionenfach gehaltene Wellensittich, der als Papagei eine überdurchschnittliche Lebenserwartung haben sollte, steht mit 22 Jahren nicht besonders günstig da. Aber ein ungewöhnlich langes Leben bei Haltung in einer Familie wird selbstverständlich weniger leicht allgemein bekannt als bei einem Zoobewohner.

Der absolute Altersrekord im Tierreich, den einst der eine oder der andere Riesensaurier innegehabt haben dürfte, scheint heute den Schildkröten zuzukommen. Es ist jedoch nicht auszuschließen, daß ihnen Meerestiere, wie Muscheln und Krebse, überlegen sind, vor allem solche, die sich in eiskaltem Wasser nur sehr langsam entwickeln.

Ähnlich wie bei den Fledermäusen läuft auch bei den Schildkröten der Stoffwechsel nicht immer auf vollen Touren, und das dürfte lebensverlängernd wirken. Einige „verbürgte Fälle“ sind bei näherer Betrachtung nicht ohne Widersprüche. Es ist jedoch als sicher anzunehmen, daß bei

Schildkröten mit einem Alter von 200 Jahren gerechnet werden kann. Solange sie nicht so erbarmungslos verfolgt wurden, dürften auch Krokodile die 100-Jahresgrenze nicht selten und weit überschritten haben. Selbst so ein kleines Reptil wie die Blindschleiche brachte es noch auf 54 Jahre.

So eindrucksvoll die von Kriechtieren bekannten Höchstalter auch sind, nehmen sie sich doch bescheiden neben der von Pflanzen bekannten Lebensdauer aus.

## Zwerge und Riesen im Tierreich

---

### *Die kleinsten vielzelligen Tiere*

Zwergmännchen von Rädertieren		0,04 mm	lang
Milben		0,10 mm	lang
Insekten: Zwergwespen und Käfer		0,20 mm	lang
Fische: Philippinen-Zwerggrundel	bis	11,00 mm	lang
Frösche: Kuba-Zwergfrosch		10,00 mm	lang
Schlangen: eine madagassische Blindschleiche		10,00 cm	lang

### *Die längsten und größten Tiere*

der längste Regenwurm: australischer Riesenregenwurm	über	3,00 m	lang
der längste Schnurwurm	bis zu	30,00 m	lang
das größte wirbellose Tier: Riesenkalmar (Tintenschnecke) mit Fangarmen	bis	22,00 m	lang
die längsten Insekten: Stabheuschrecken	etwas über	30,00 cm	lang
der größte Fisch: Walhai	bis	18,00 m	lang
der größte Süßwasserfisch: Hausen	bis	8,50 m	lang
die längsten Schlangen: Anakonda und Netzpython	bis etwa	9,00 m	lang
die Vögel mit der größten Spannweite: Albatrosse und Sunda Marabu	bis etwa	3,20 m	
das höchste Säugetier: Giraffe	bis	5,80 m	hoch
das größte Säugetier aller Zeiten: Blauwal	bis über	30,00 m	lang
	etwa	130,00 t	schwer

### *Die schwersten Tiere*

die schwersten Insekten: Herkuleskäfer und Riesengespenstschrecke	knapp 40 g	schwer
die schwersten flugfähigen Vögel: Trappen und Schwäne	bis über 15 kg	schwer
das schwerste Landsäugetier: Elefant Afrikanischer	über 5000 kg	schwer

### *Die leichtesten Wirbeltiere*

die kleinsten Vögel: mehrere Kolibriarten	etwa 2 g	schwer
die kleinsten Säugetiere: Etrusker- Spitzmaus, Thailändische Zwergfleder- maus	2 g	schwer

Die 3 mm bis 4 mm langen Jungen einer Beutelmaus sollen bei der Geburt 0,016 g wiegen. Das würde bedeuten, daß 1000 von ihnen weniger wiegen als ein einfacher Brief wiegen darf.

Das kleinste Kolibriei wiegt 0,2 g, ein Straußenei etwa 1500 g.

---

Das Verhältnis einer (60 mm langen) Etruskerspitzmaus zu einem Blauwal beträgt in der Länge etwa 1:550, das kleinste und das größte Insekt verhalten sich aber zueinander wie 1:1500!

Der größte Frosch, der über 3 kg schwere Goliathfrosch, ist schwerer als die kleinsten Huftiere: Kleistböckchen und Zwergdikdik wiegen nur 1,8 kg bis 2,5 kg.

Das größte Insekt wiegt etwa 20 der kleinsten Säugetiere auf! Im gleichen Verhältnis stehen das größte Nagetier, das südamerikanische Wasserschwein (Capybara) und die oben genannten Huftiere.

### *Botanische Rekorde*

Die imposantesten Pflanzengestalten gibt es unter den Bäumen. Schon unsere heimischen Buchen, Linden und Eichen erreichen mit 40 bis 50 Metern eine beachtliche Höhe und überragen viele moderne Wohnhäuser. Fichten und Tannen werden an günstigen Standorten noch höher (s. Tabelle S. 188). Die höchsten Bäume aber wachsen in Australien. Es sind Eukalyptusbäume, die über 100 Meter hoch werden. Als verbürgte

Höhe eines Eukalyptus wurden 114,30 Meter gemessen. Damit hält er den Rekord unter den lebenden Pflanzen. Fast genauso hoch werden die Mammutbäume Nordamerikas, die den Eukalyptus noch an Dicke übertreffen. Der Immergrüne Mammutbaum bildet in den Küstengebirgen Kaliforniens reine Bestände. Eine große Fläche ist als Nationalpark unter Naturschutz gestellt. Die Bäume werden 80 bis 100 Meter hoch, für das höchste Exemplar sind 112 Meter angegeben. Am berühmtesten sind die Riesen-Mammutbäume an den westlichen Abhängen der Sierra Nevada. Sie wachsen in den Gebirgen in 1500 bis 2600 Meter Höhe. Der größte unter ihnen, der inzwischen gefällt wurde, war der „Vater des Waldes“. Er ragte 135 Meter hoch, hatte einen 12 Meter dicken Stamm und war etwa 3500 Jahre alt. Viele dieser großen und alten Mammutbäume sind genau vermessen und haben sogar Namen bekommen. Der dickste lebende Baum ist zum Beispiel „General Grant“, der auch als „Christbaum der Amerikaner“ bezeichnet wird. Er ist 89 Meter hoch, sein Stammdurchmesser beträgt 12,30 Meter. Der „Tunnelbaum“ ist so dick, daß man eine Autostraße durch ihn hindurchgeführt hat, und im „Hausbaum“ wurde sogar eine Wohnung in dem 8 Meter dicken Stamm eingerichtet.

---

#### Größe einiger Bäume

---

Name	Heimat	Maximale Höhe	Stammdurchmesser
Eukalyptus	Australien	114 m	10 m
Immergrüner Mammutbaum	Nordamerika	112 m	10 m
Riesen-Mammutbaum	Nordamerika	89 m	12 m
Weiß-Tanne	Europa	75 m	3 m
Gemeine Fichte	Europa	60 m	2 m
Stiel-Eiche	Europa	50 m	7 m
Rot-Buche	Europa	40 m	2 m

---

Die Bäume zählen nicht nur zu den größten Pflanzen, sondern sie erreichen auch das höchste individuelle Alter. In einer Tabelle auf Seite 189 sind die Höchstalter einiger Arten zusammengestellt. Im Volksmund wird meist etwas übertrieben, wenn man von tausendjährigen Bäumen unserer Heimat spricht. Unter den Laubbäumen sind es wahrscheinlich nur die Eichen, die wirklich ein solches Alter erreichen. Älter werden dagegen die Nadelbäume. Eiben können 2000 Jahre und länger leben. Sie wachsen sehr langsam und bilden ein dichtes, wertvolles Holz. Im Eiben-

hain bei Sotschi am Schwarzen Meer stehen sogar über 3000 Jahre alte Exemplare. Das Alter der Bäume wird durch das Auszählen der Jahresringe im Holz bestimmt. Jedes Jahr bildet der Baum einen Zuwachsring: Im Frühjahr wachsen weiltumige Holzzellen, die die neuen Blätter oder Nadeln schnell mit Wasser versorgen, zum Spätsommer zu werden die Zellen immer kleiner und enger und dienen vor allem der Festigung. Dann folgt die Winterpause und im nächsten Frühjahr wieder das helle, weite Frühholz. Bei vielen Bäumen kann man die Jahresringe bereits mit bloßem Auge an einem gefällten Stamm zählen, für sehr enge Ringe benutzt man ein Mikroskop. So hat man auch das Alter ausländischer Nadelbäume bestimmt, die das unserer heimischen Vertreter bei weitem übertreffen. Im Tassili-Gebirge in der zentralen Sahara wachsen Zypresen, die über 3000 Jahre alt sind und wahrscheinlich die Reste größerer Wälder aus der letzten Eiszeit darstellen. Bis zu 3500 Jahre alt werden die Mammutbäume Nordamerikas. Aber die ältesten bekannten Lebewesen sind Grannen- oder Borsten-Kiefern. Sie wachsen in den White Mountains in Kalifornien auf wüstenhaften Abhängen der Gebirge. Es sind niedrige, häufig verkrüppelte Bäume, die nur etwa 12 m hoch werden. Ein hoher Harzgehalt schützt das Holz vor Fäulnis und Zersetzung. Mehrere Grannenkiefern sind über 4000 Jahre alt, der „Methusalem“, der älteste lebende Baum, steht dort seit 4600 Jahren, bei einer gefällten Kiefer wurden sogar 4900 Jahresringe gezählt.

---

#### Höchstalter einiger Bäume

---

Name	Heimat	Alter in Jahren
Grannen-Kiefer	Nordamerika	4900 (gefällt)
		4600 (lebend)
Mammutbaum	Nordamerika	3500
Zypresse	Afrika	3000
Eibe	Europa	2000
Sumpfpypresse	Mittelamerika	1500
Stiel-Eiche	Europa	1200
Rot-Buche	Europa	900
Feld-Ulme	Europa	500

---

Diese Bäume wachsen besonders langsam. Das Gegenteil trifft für einige Tropenpflanzen zu, die Geschwindigkeitsrekorde im Wachstum aufstellen. Unter den Bäumen sind es die Albizien, Mimosengewächse mit rosa Blütenbüscheln, die in einem Jahr fast 10 Meter hoch werden. Auch

der Eukalyptus ist schnellwüchsig, baumförmige Arten bringen es in 6 Jahren auf 30 m Höhe. Das schnellste Wachstum ist beim Bambus zu beobachten. Dieses Riesengras wird in knapp drei Monaten 30 Meter hoch. An einem einzigen Tag wurde beim Bambus ein Wachstum von 91 Zentimeter gemessen. Hier kann man tatsächlich das Gras wachsen sehen.

Während unter den Bäumen die höchsten Pflanzen zu finden sind, gibt es unter Lianen und Algen die längsten. Als längste Blütenpflanze der Welt gilt der Chinesische Blauregen. Ein Exemplar dieses Schmetterlingsblütengewächses wurde 1892 an eine Mauer gepflanzt und hat zur Zeit eine Länge von 152 Meter erreicht. Es blüht jährlich fünf Wochen lang und bringt ungefähr 1,5 Millionen Blüten hervor. Der Rekordhalter unter den Algen ist der Birnentang, der 60 Meter lang werden kann. Größere Angaben bis zu 182 m sind unbestätigt. Der Birnentang gehört zu den Braunalgen und wächst in den Meeren der Südhalbkugel. Wurzelähnliche Organe verankern die Pflanze auf steinigem Grund bis in 40 Meter Tiefe. Der 60 Meter lange „Stamm“ trägt über 100 blattartige Abschnitte, die jeweils mit einer großen birnenartigen Schwimmblase beginnen. Abgerissene Tange schwimmen deshalb an der Oberfläche und wurden oft für Seeungeheuer gehalten.

Auch unter den Pilzen gibt es extrem große Formen. Hier wird nicht die gesamte Pflanze gemessen, die ja aus einem weitverzweigten unterirdischen Fadengeflecht besteht, sondern es werden nur Größe und Masse der Fruchtkörper angegeben, die man als Pilze sammelt. Meist sind es Riesen-Boviste, Bauchpilze, die fußballgroße Fruchtkörper bilden. Solange sie jung und weiß sind, können sie gegessen werden. Das größte bekannte Beispiel ist ein Riesen-Bovist, der 1971 gefunden wurde. Der Pilz war 45 Zentimeter hoch und hatte einen Durchmesser von 157 Zentimeter.

Nicht immer kann man von der Gesamtgröße einer Pflanze auf die Ausmaße ihrer Organe schließen. Die riesigen Mammutbäume zum Beispiel bilden kleine Nadeln und fast winzige Samen.

Umgekehrt haben kleinere Pflanzen manchmal große Blätter, Blüten oder Früchte. Einige Extreme sollen hier noch aufgezählt werden.

Die längste Wurzel, die bisher ausgegraben wurde, stammt von einer Feigen-Art in Südafrika. Sie reichte 120 Meter tief. Die größten Blätter bildet die *Raphia*-Palme aus dem tropischen Ostafrika. Die Spreite eines Fiederblattes ist fast 20 Meter lang, dazu kommen noch 4 Meter für den Stiel. Die Fasern dieser Blätter liefern den begehrten *Raphia*-Bast. Die größte Blattfläche weisen die beiden Arten der Amazonas-Seerose *Victo-*



Links: Schwimmblätter und Blüte der tropischen Seerose Victoria.

Rechts: Wollschweber sind durch ihre langen Rüssel und durch Ausbeutung der Blüten im Schwirrflyg auffallende Nektarsauger. Sie erinnern etwas an Kolibris, doch bewegen sich ihre Flügel viel schneller. Sie dürften kaum weniger als 200 Flügelschläge in der Sekunde machen.

ria auf. Der Durchmesser der runden Schwimmblätter beträgt über 2 Meter. Wild wächst die Pflanze in den Verlandungsgebieten des Amazonas in Südamerika, kultiviert kann man sie in vielen botanischen Gärten bewundern. Den größten Blütenstand trägt *Puya raimondii*, eine Riesenbromelie regenarmer Täler in den Hochanden Südamerikas. Die Pflanze ist nicht für den Garten zu empfehlen. Sie wächst sehr langsam und blüht nur ein einziges Mal im Alter von etwa 150 Jahren. Dann bildet sie einen über 10 Meter hohen kerzenförmigen Blütenstand mit etwa 8000 weißen Blüten. Die größte Blüte einer Pflanze wurde 1818 von Arnold im tropischen Sumatra entdeckt. Es ist die Rafflesie, ein Parasit auf den Wurzeln wilder Weinarten. Die Blüte hat einen Durchmesser von etwa 1 Meter und eine Masse bis zu sieben Kilogramm. Sie ist rot-braun gefleckt, liegt wie ein großer offener Kessel auf dem Boden und lockt Aasfliegen zur Bestäubung an. Zu den größten Früchten gehören Kürbisse und Melonen. In Arkansas/USA wurde eine Wassermelone geerntet, die 90,7 Kilogramm wog und ins „Buch der Rekorde“ aufgenommen wurde. Die größte Baumfrucht stammt von einer Palme. Es ist die Seychellen-Nuß, auch Doppel- oder Meeresskocosnuß genannt. Sie enthält auch die größten Samen des Pflanzenreichs. Die Palmen wachsen nur auf zwei Inseln der Seychellen-Gruppe im Indischen Ozean. Die Nuß ist nicht schwimmfähig und kann die Art nicht wie eine Kokosnuß über die Meere verbreiten. Sie hat meist zwei Wölbungen, wird 75 Zentimeter

lang und 9 bis 13 Kilogramm schwer. Ausnahmen sind dreibäuchige Früchte, die 1 Meter Länge erreichen und bis zu 18 Kilogramm wiegen.

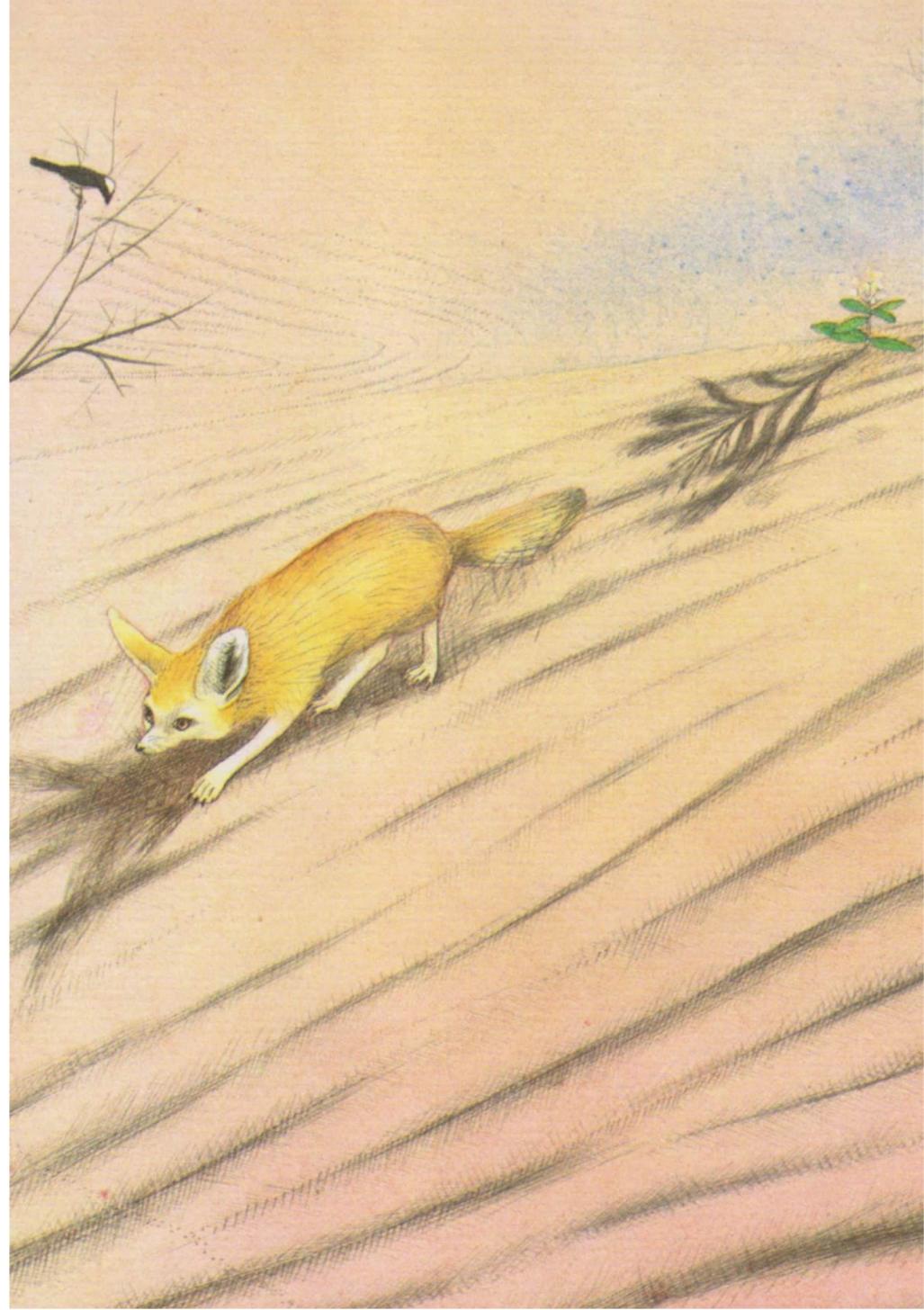
Nach der Aufzählung der zahlreichen Riesen im Pflanzenreich nun noch einige Hinweise auf die Zwerge. Kleine Bäume, die man noch nach 100 Jahren in einer flachen Schale halten kann, werden in Japan kultiviert. Bei diesen Bonsai-Bäumen handelt es sich um Vertreter hochwüchsiger Arten, die nur künstlich so winzig gehalten werden. Anders ist es bei Zwergbäumen in der Tundra oder im Hochgebirge. Unter den extremen Lebensbedingungen wachsen hier Zwergbirken von 20 bis 80 Zentimeter Höhe sowie Kriech- und Krautweiden, die nur 2 bis 10 Zentimeter hoch werden. Die kleinste Blütenpflanze der Welt gedeiht allerdings im Wasser. Es ist die Zwergwasserlinse, seltener Bewohner nährstoffreicher Teiche. Die ganze Pflanze besteht nur aus einem ein Millimeter großen Körnchen, das auf der Wasseroberfläche schwimmt. Sie kommt bei uns nicht zur Blüte. Die kleinsten Blüten bildet die Kanonierblume, ein Brenneselgewächs aus Mittelamerika. Die Blüten, die ihren Pollen abschießen, haben einen Durchmesser von 0,35 Millimeter. Winzige Samen gibt es bei epiphytischen Orchideen. Sie enthalten kein Nährgewebe und können schon durch schwache vertikale Luftströmungen bis in die Wipfel der Bäume transportiert werden. 1,2 Millionen Samen wiegen erst ein Gramm.

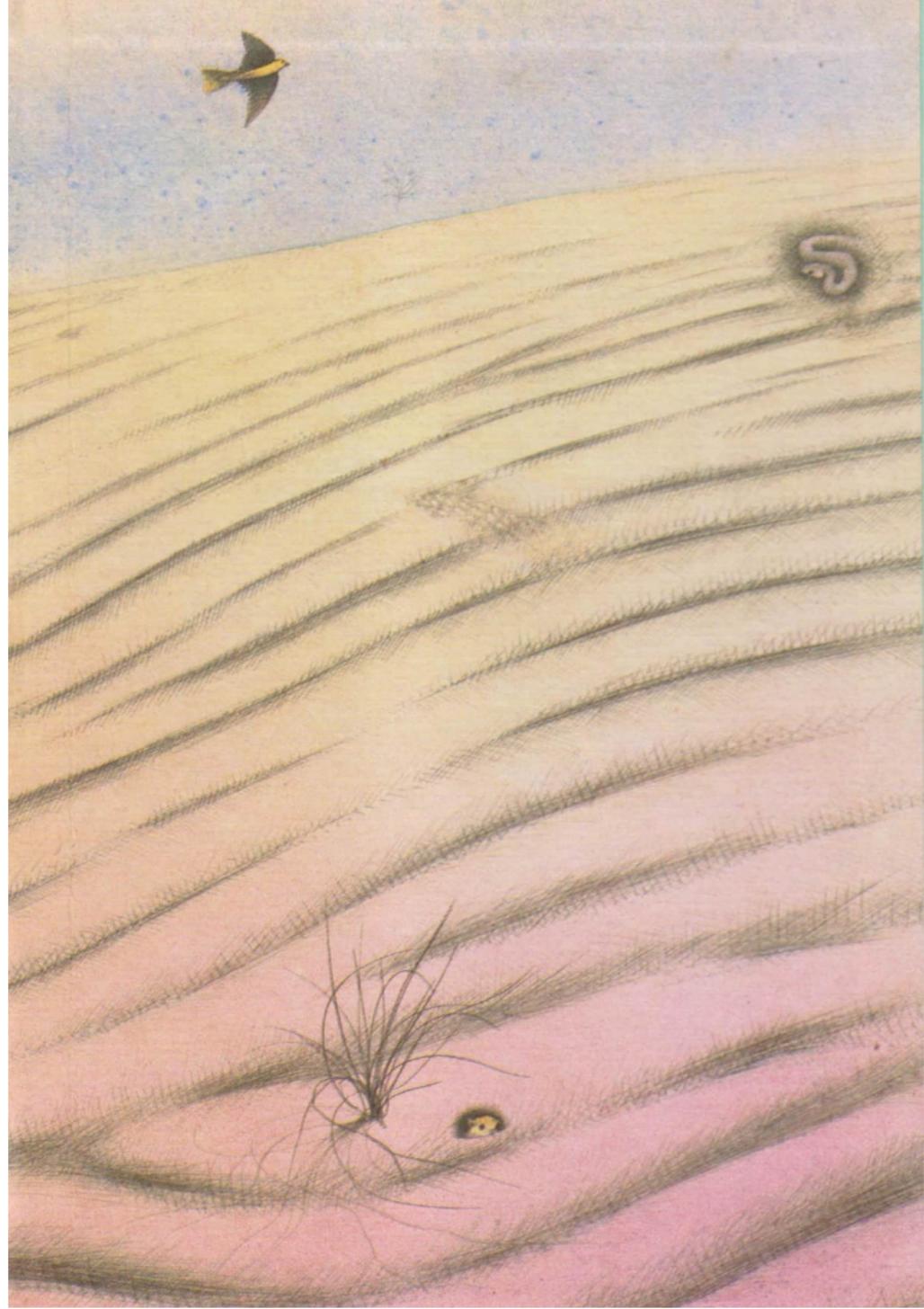
Interessante Unterschiede finden wir auch beim Holz, dem wichtigsten pflanzlichen Rohstoff. Schon bei unseren heimischen Holzarten weichen Dichte und Festigkeit stark voneinander ab. Noch größer sind die Unterschiede bei tropischen Hölzern. Eisenholz, Pockholz und Ebenholz sind schwerer als Wasser. Sie werden für Seilscheiben, Zahnräder, Kegelkugeln, Hämmer und Schnitzereien verwendet. Balsaholz und Korkholz sind leichter als Kork und schwimmen ausgezeichnet. Aus Balsaholz hat Thor Heyerdahl sein Floß Kon-Tiki gebaut und ist damit über den Pazifik getrieben.



*Salzausscheidung durch Pflanzen.* Blätter scheiden Wasser auch als Tropfen aus und pressen damit auch Salze nach außen.

In einen Blumentopf mit Sand oder Erde sät man einige Getreidekörner (vorher quellen lassen) und bedeckt die jungen Pflanzen, sobald ihre Blätter sechs bis acht Zentimeter lang sind, mit einer Glasglocke (Konservenglas), hält aber den Boden gut feucht. Am nächsten Tage sind deutliche Wassertropfen am Blattrand zu erkennen. Entfernt man die Glocke, sieht man nach dem Trocknen des Wassers eine graue Kruste – ausgeschiedene Salze.





Kurzwort: 011717 Kurzweil Biologie  
ISBN 3-06-011717-9