UNSERE WELT

GRUPPE 2

BIOLOGIE

VON DER NATUR UND IHREN GESETZEN

TIERE ALS BESTÄUBER DER PFLANZEN

VON DR. WALTER RAMMNER

dkv

der kinderbuchverlag

BERLIN

DR. WALTER RAMMNER

TIERE ALS BESTÄUBER DER PFLANZEN

der kinderbuchverlag Berlin

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort 3
Windblütler 4
Insektenblütler 6
Die Entstehung der Insektenblütigkeit 9
Insekten als Blütenbestäuber 12
Feigenwespe und Yuccamotte 22
Die wirtschaftliche Bedeutung der Blumeninsekten 25
Vögel und Fledermäuse als Blütenbestäuber 27
Symbiose 30
Die Zusatzbestäubung als Mittel zur Steigerung der Ertragssicherheit 31
Worterklärungen 35

Das letzte Kapitel schrieb Dr. Gerhard Winkler

Illustrationen und Umschlagbilder: Helmut Dombrowe

Alle Rechte vorbehalten. Genehmigungs-Nr. 376/74/50
Copyright 1951 by der kinderbuchverlag Berlin
Satz und Druck: (III/9/1) Sachsenverlag, Druckerei- und Verlags-Gesellschaft mbH, Dresden N 23, Riesaer Straße 32, 2454

Preis: 0,60 DM
Bestell-Nr. 13511. 1.—15. Tausend 1951. Für Leser von etwa 13 Jahren an

Vor einigen Tagen hat sich das sonnige, warme Frühlingswetter gewandelt. Kalter Wind bläst durch die Gärten; Regenschauer folgt auf Regenschauer und zerzaust die Blütenpracht der Obstbäume. Sorgenvoll schauen die Gärtner und Obstzüchter den jagenden Wolken nach. Will denn gar kein Sonnenstrahl mehr erscheinen? Wärme und Sonnenschein brauchen die Obstbäume — sonst gibt es eine schlechte Ernte! Selbst die Städter schauen bekümmert auf die regennassen, windgepeitschten Bäume. Denn auch sie wissen, daß bei diesem Wetter keine Biene ihren Stock verläßt. Und ohne Bienen setzen ja die Bäume keine Früchte an, weil erst die blütenbesuchenden Insekten den Blütenstaub auf der Narbe der Blüten abstreifen müssen, um dadurch die Befruchtung der Blüte, die Fruchtbildung einzuleiten.
Diese uns so geläufige Tatsache ist den Menschen aber noch gar nicht sehr lange bewußt. In alten Zeiten hat man wohl bemerkt, daß sich die Honigbienen aus den Blumen Säfte holen und daraus den Honig bereiten. Daß aber der Insektenbesuch auch für die Blumen notwendig ist, wußte man im Altertum noch nicht. Man hatte nicht erkannt, daß zwischen Insektenbesuch und Fruchtbildung ein unmittelbarer Zusammenhang besteht. Nur bei der Feige ahnte man die Bedeutung der Insekten für die Fruchterzeugung. Denn Aristoteles (384 bis 322 v. u. Z.) und sein Schüler Theophrast (370 bis 288 v. u. Z.) weisen auf die Bedeutung der winzigen Feigenwespen für das Heranreifen der Feigen hin. Sie berichten, daß man damals — wie auch heute noch — Früchte voller Feigenwespen an solche Zweige hängte, die unreife Edelfeigen trugen, um deren Reifen zu sichern. Aristoteles und Theophrast glaubten, daß die Feigenwespen die noch unreifen Feigen öffnen, damit die Luft ins Innere der Feigen eindringe und die Reife beschleunige. Erst nach Jahrhunderten erkannte man, daß die Feigenwespen die Bestäubung der im Innern der Feige befindlichen kleinen Blüten vollziehen und dadurch die Fruchtbildung ermöglichen.
Um die wahre Bedeutung der blütenbesuchenden Insekten zu verstehen, mußte man erst einmal erkennen, daß der aus den Staubbeuteln stammende Blütenstaub auf den Stempel der Blüte gelangen muß, um dann die Befruchtung und die Entwicklung der Samenanlage zur Frucht herbeizuführen. Diese Erkenntnis ist dem Naturforscher Rudolph Jakob Camerarius (1665 bis 1721) zu verdanken, der zahlreiche Bestäubungsversuche vornahm. Der erste, der die Mithilfe der Insekten bei der Bestäubung der Blüten feststellte, ist der Botaniker Joseph Gottlieb Koelreuter (1733 bis 1806). Er erkannte, daß die Insekten von den süßen Säften, dem Nektar, angelockt werden und daß sie während des Blütenbesuches ungewollt den Blütenstaub auf die Narbe des Stempels übertragen.

Den größten Fortschritt in der Erkenntnis der innigen Beziehungen zwischen den Insekten und den Blüten verdanken wir schließlich dem Spandauer Schulrektor Christian Konrad Sprengel (1750 bis 1816). In seinem meisterhaft geschriebenen Werke „Das entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen" zeigte er, daß alles, was an den Blüten bemerkenswert ist, wie Gestalt, Farbe, Zeichnung, Duft, Nektarbildung, irgendwie mit der Befruchtung zusammenhängt und dazu dient, die Insekten zum Blütenbesuch zu veranlassen, wobei sie die Bestäubung ausführen. Er weist auch darauf hin, daß vielfach allein durch die Mitwirkung der Insekten eine Befruchtung zustande kommt, daß sich also Insekt und Blume gegenseitig helfen, ja eine Lebensgemeinschaft bilden.
Sprengels Werk blieb zunächst der Erfolg versagt. Erst als sich Charles Darwin (1809 bis 1882) mit den Wechselbeziehungen zwischen Insekten und Blüten beschäftigte und dabei Sprengels Buch wiederentdeckte, wurde diese wichtige Tatsache allgemein bekannt. Seitdem beschäftigte sich die Wissenschaft sehr eingehend damit, und es entwickelte sich ein besonderer Zweig der Biologie, den man Blütenbiologie nannte. Die Forschung zeigte dann, daß nicht nur sehr viele Insektenarten als Bestäuber der Blüten eine hervorragende Rolle spielen, sondern daß in den Tropen und Subtropen auch einige Vögel dieselbe Bedeutung als Blütenbestäuber haben wie bei uns die Insekten; ja in bestimmten Fällen treten auch Fledermäuse als Blütenbestäuber auf.

Windblütler

Die ersten Verkünder des Frühlings sind nicht die bunten Blumen am Waldboden, Schneeglöckchen, Märzbecher, Goldstern oder Veilchen, sondern der unscheinbar blühende Haselstrauch, die Erle und die Ulme. Brechen wir an einem milden Tag im Februar oder, wenn der Winter härter gewesen ist, Anfang März am Waldrand durch das kahle Gebüsch, dann werden wir nicht selten in eine wahre Wolke gelblichen Staubes eingehüllt. Wir haben einen Haselstrauch erschüttert, dessen lange, gelblich-grüne Kätzchen nun ihren Blütenstaub ausschütten (Abb. 1 a). Langsam zieht die Staubwolke durchs Gebüsch — wohin? wozu? Uns fällt ein, daß der Haselstrauch außer den schaukelnden langen Kätzchen auch noch andere Blütenstände hat. Richtig — da sitzen an einem Zweig kleine, knospenartige Gebilde, aus denen ein Büschel karminroter Fäden hervorschaut. Diese „Knospen" sind die Fruchtblütenstände, und die roten Fäden sind die Narben der winzigen Fruchtblüten (Abb. 1 b, c). Die Narben fangen den feinen Blütenstaub auf, den ihnen der Wind aus den Staubkätzchen zuträgt. Der trockene Staub, der

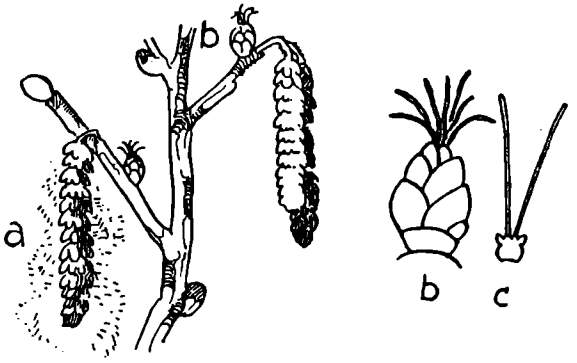


Abb. 1 Der Haselstrauch, ein Windblütler
a) stäubendes Kätzchen
b) Fruchtblütenstand
c) einzelne Fruchtblüte mit zwei Narben

Pollen (Abb. 2 a), haftet an den klebrigen Narben, und die Pollenkörner keimen nun zu feinen Pollenschläuchen aus. Die Pollenschläuche dringen schließlich bis zu den Samenanlagen im Fruchtknoten vor und vollziehen dort die Befruchtung, die dann den Anlaß zur Entwicklung einer Haselnuß gibt. Damit haben wir die Antwort auf unsere Frage, warum die Blütenstaubwolke durch das Gebüsch zieht: Der Pollen soll die Narben der Haselfruchtblüten bestäuben, die Befruchtung und damit die Samenbildung herbeiführen. Die Beförderung des Blütenstaubes wird bei der Hasel durch den Wind besorgt; der Haselstrauch ist also ein Windblütler, eine windblütige oder anemogame (anemophile) Pflanze.

Der Pollen der Windblütler kann leicht sein Ziel, die Narbe, erreichen. Denn noch sind die Büsche kahl, kein Blätterwerk erschwert den Zutritt des pollenbeladenen Windes zu den befruchtungsbedürftigen Blüten. Es ist also biologisch sinnvoll, daß der Haselstrauch so zeitig im Frühjahr blüht und stäubt, noch bevor sich die Blätter entfaltet haben. Die anderen windblütigen Laubhölzer, die Erlen, Ulmen, Pappeln, Eichen, Buchen, Hainbuchen und Birken, verhalten sich genau so. Sie blühen, ehe die Blätter austreiben oder ihre volle Größe erreicht haben. Dieses zeitige Blühen ist ein gemeinsames Merkmal der windblütigen Laubhölzer. Ein anderes Merkmal aller Windblütler, nicht nur der anemogamen (windblütigen) Laubhölzer, sondern auch der Nadelhölzer, der Gräser, Seggen und Binsen, der Brennesseln und des Hopfens, die gleichfalls zu den Windblütlern gehören, ist die Erzeugung von ungeheuren Pollenmengen. Diese verschwenderische Pollenbildung ist notwendig, damit die Bestäubung gesichert ist. Denn es beruht ja doch nur auf Zufall, ob der Wind eine ausreichende Menge von Pollenkörnern auf eine Narbe trägt. Je mehr Pollenkörner erzeugt werden, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß mit Hilfe des Windes genügend Blüten bestäubt und Samen erzeugt werden.

Sehen wir uns die Blütenstände irgendeines Windblütlers einmal etwas genauer an, so fällt uns immer ihr höchst einfacher Bau auf. Es ist gewisser-

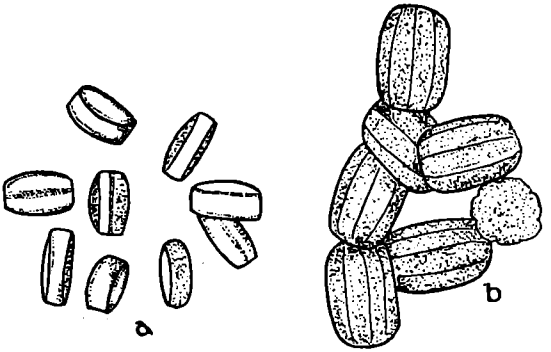


Abb. 2 Pollenkörner
a) die nicht aneinanderhaftenden Pollenkörner eines Windblütlers (Eiche)
b) klebrige, aneinanderhängende Pollenkörner eines Insektenblütlers (Schlüsselblume)

maßen nur das Allernotwendigste vorhanden, nämlich die Staubgefäße und die Fruchtknoten mit den Narben sowie schützende Schuppen und Blättchen; niemals finden sich bunte Blumenblätter oder Düfte. Die ganze Blüte ist so eingerichtet, daß die Übertragung des Blütenstaubes durch den Wind erfolgen kann. Die Narben spreizen sich auseinander und sind oft gefiedert, so daß vorbeifliegende Pollenkörner leicht an diesen „Staubfängern" haften bleiben. Die Staubbeutel sitzen entweder in Kätzchen, die im Winde schaukeln und daher den Blütenstaub ausschütteln, oder sie hängen an langen Staubfäden und schaukeln im leisen Winde selber lebhaft hin und her, so daß ihr lockerer, mehliger Staub ausgebeutelt wird. Bei manchen Windblütlern, beispielsweise bei der Brennessel, wird der Pollen explosionsartig davongeschleudert, wenn die Blüte reift.

Insektenblütler

Die Anzahl der Windblütler ist in unserer einheimischen Pflanzenwelt nicht allzu groß. Nur etwa ein Zehntel der Blütenpflanzen gehört zu ihnen, während bei neun Zehnteln unserer Blütenpflanzen die Pollen durch Insekten von Blüte zu Blüte befördert werden. So, wie wir die windblütigen Pflanzen an bestimmten Merkmalen erkennen — an ihrem einfachen Bau, an der verschwenderischen Erzeugung trocknen, mehligen Blütenstaubes —, so haben auch die insektenblütigen, die entomogamen (entomophilen) Pflanzen bestimmte Kennzeichen. Der Blütenbau ist vielfältiger zusammengesetzt, vor allem dadurch, daß bunte Blumenblätter ausgebildet werden. Der Pollen wird in sehr viel geringerer Menge hervorgebracht. Er ist nur ausnahmsweise trocken und mehlig wie bei den Windblütlern; in der Regel ist der Pollen der Insektenblütler locker zusammengeballt und etwas klebrig. Deshalb fällt er

nicht so leicht aus den geöffneten Staubbeuteln heraus, sondern bleibt hier so lange haften, bis er von einem blütenbesuchenden Insekt abgestreift wird und an dessen Härchen hängenbleibt. Die einzelnen Pollenkörner werden durch winzige Öltröpfchen oder andere klebrige Stoffe locker zusammengehalten; außerdem haben sie eine rauhe, stachlige oder mindestens unebene Oberfläche (Abb. 2b), die ebenfalls das Zusammenballen der Pollenkörner erleichtert. Dies alles ermöglicht es, daß die Insektenblütler ihre Bestäubung durch die Insekten mit einer kleinen Pollenmenge sichern können. Die Narbe der insektenblütigen Pflanzen zeigt ebenfalls einen besonderen Bau. Die Narbenfläche braucht ja nicht als umfangreicher „Staubfänger" zu wirken; sie kann verhältnismäßig klein bleiben, bildet dafür aber auf ihrer Oberfläche zahlreiche feine Fortsätze aus, sogenannte Papillen, zwischen denen die vom Insekt abgestreiften Pollenkörner leicht haftenbleiben.

Die wichtigste Eigentümlichkeit der meisten Insektenblüten ist die Absonderung süßer, zuckerhaltiger Säfte, die den Insekten zur Nahrung dienen. Dieser sogenannte Nektar (nicht Honig, denn Honig entsteht aus dem Nektar erst durch die Tätigkeit der Bienen) wird in besonderen, als Nektarien bezeichneten Organen abgeschieden. Der Nektar kann frei zutage liegen wie bei den Doldenblüten, so daß er allen Insekten zugänglich ist; oder er kann in langen Kronenröhren, in Spornen oder ähnlichen Gebilden geborgen sein, so daß nur langrüsselige Insekten zu ihm gelangen können und als alleinige Bestäuber in Frage kommen. Die Nektarblumen erzeugen nur dann Nektar, wenn Staubbeutel oder Narben reif sind, wenn also der Insektenbesuch für die Blüte erwünscht ist. Es besteht hier also ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Lebenstätigkeit der Blüte und dem Insektenbesuch. Die Blüte ist in bestimmter Weise an das Insekt angepaßt: Zur geeigneten Zeit bietet die Blüte Nahrung in Form von Nektar dar, und gewissermaßen als Gegendienst — natürlich ungewollt und unbewußt — vollzieht das nektarsaugende Insekt die Bestäubung. Das „Anbieten" von Nektar ist das wichtigste Mittel unserer einheimischen Insektenblütler, Insekten zur Bestäubung „anzulocken". Denn fast neun Zehntel unserer insektenblütigen Pflanzen erzeugen Nektar. Einige Arten bilden auch Gewebe mit sehr zuckerreichen Säften aus, die vom Insekt angebohrt werden, oder sie entwickeln eiweiß- und fettreiche Futterhaare, welche die Blütenbesucher statt des Nektars einsammeln.

Ein kleiner Teil unserer Insektenblütler, etwa ein Zehntel, erzeugt keinen Nektar und liefert den Insekten als Nahrung nur Pollen, der dann natürlich in größerer Menge gebildet werden muß. Solche Pollenblumen sind zum Beispiel die Anemonen, der Mohn, die Rosen, die Königskerzen (diese entwickeln auch Futterhaare). Der Pollen wird als stickstoffreiche Nahrung von vielen Insekten gefressen und wird (beispielsweise von den Bienen und den Hummeln) auch als Futter für die Brut eingetragen. Die Blüte „opfert" hier gewissermaßen einen Teil ihres Pollens und sichert dadurch ihre Bestäubung. Pollensammelnde Insekten beschränken sich natürlich nicht nur auf die eigentlichen

Pollenblumen, sondern sie nehmen ebenso aus den Nektarblumen Pollen mit, wenn sie ihn benötigen. Sie besuchen sogar Windblütler, wenn sich dazu Gelegenheit bietet und es gerade an Pollenblumen mangelt. So kann man in blühenden Ulmen mitunter Honigbienen in großer Zahl beim Pollensammeln sehen (Abb. 3), was den sonst so zuverlässigen Gelehrten Sprengel dazu veranlaßte, die Ulme irrtümlich zu den Insektenblütlern zu zählen.
Vergleichen wir einmal den Blütenstand eines Windblütlers mit dem eines Insektenblütlers, etwa die Haselstrauchblüten mit den Veilchenblüten, dann fallen uns sofort weitere wichtige Merkmale der insektenblütigen Pflanzen auf. Im Unterschied zu den unscheinbaren Windblütlern sind die Insektenblumen mehr oder weniger auffällig gefärbt, und sie strömen häufig auch noch einen starken Duft aus. Färbung und Duft sind neben der Nektarerzeugung die wesentlichsten Kennzeichen der Insektenblütler, die dadurch für das Auge und den Geruchssinn der Insekten bemerkbar werden. Die Blüten werden zu einem „Schauapparat", indem sie bunte Blumenblätter entwickeln. Kleine Blüten sind häufig zu größeren Blütenständen zusammengeschlossen und werden damit weithin sichtbar. Auch können andere Teile der Pflanze bunt gefärbt sein, zum Beispiel der Kelch oder die Hochblätter in der Nähe der Blüten, so daß ebenfalls ein wirkungsvoller Schauapparat zustande kommt, der sich für das Insekt durch seine Farbe deutlich vom Grün der Umgebung abhebt. Da nun die Insekten farbenempfindlich sind, ist es verständlich, daß ihnen diese Schauapparate bei der Suche nach Nektar oder Pollen als Wegweiser dienen. Je auffälliger die Blumen sind, um so stärkeren Insektenbesuch haben sie und um so besser ist ihre Bestäubung gesichert. Für manche Pflanzenarten ist indessen die Fremdbestäubung — das heißt die Bestäubung mit dem Pollen eines fremden Pflanzenindividuums der gleichen Art — nicht unbedingt nötig. Sie können auch durch Selbstbestäubung — durch Bestäubung mit dem Pollen derselben Blüte — entwicklungsfähige Samen erzeugen. Hierher gehören zum Beispiel umfassende Taubnessel, Leinkraut und Braunwurz. Solche Pflanzen sind daher nicht durchaus auf Insekten als Überträger des Blütenstaubes angewiesen. Sie haben einen nur wenig auffälligen Schauapparat und auch nur geringen Insektenbesuch. Es besteht also ein deutlich erkennbarer Zusammenhang zwischen Ausbildung des Schauapparates, Notwendigkeit der Bestäubung durch Insekten und Umfang des Insektenbesuches.
Wie die Färbung veranlaßt auch der Duft das Insekt, die Blume anzufliegen. Die Anziehungskraft des Blumenduftes ist oft groß. So kann man beobachten, daß die sehr stark duftende Ackerwinde viel regeren Insektenbesuch hat als die größere, auffälligere, aber duftlose Zaunwinde. Der Duft lockt vor allem langsam und unregelmäßig fliegende Insekten an, während sich die schnell und geradlinig fliegenden aus der Ferne hauptsächlich nach der Blütenfärbung orientieren. Denn die Duftstoffe breiten sich nur unregelmäßig aus, so daß sich die Duftquelle, also die Blume, nicht sofort in einem raschen, geradlinigen Anflug ermitteln läßt. Vielmehr nähern sich die vom Duft geleiteten

Insekten in unregelmäßig gekrümmten Flugbahnen langsam der Blume; sie fliegen vor ihr ein wenig auf und ab, bis sie ihr Ziel endlich gefunden haben. Dagegen ermöglicht die weithin sichtbare Färbung den Insektenarten, die auf solche optische „Fernwirkungen" besonders eingestellt sind, einen geradlinigen und schnellen Anflug. Sie erreichen die Blume gewissermaßen auf einen Zug, werden dann aber häufig erst durch den Duft zum Niederlassen und Nektarsaugen veranlaßt. Färbung und Duft wirken also vielfach zusammen, um das Insekt an die Blume heranzuführen und die Bestäubung zu sichern.

Die Entstehung der Insektenblütigkeit

Wir haben die wichtigsten Kennzeichen der Insektenblütler kennengelernt, nämlich das Anbieten von Nektar, die Ausbildung eines Schauapparates und die Entwicklung von Düften. Diese Eigentümlichkeiten sind für die Insekten bestimmt; sie können als Anpassungen der Pflanze an die Insekten bezeichnet werden. Nun darf man aber das Wort „Anpassung" ja nicht in einem vermenschlichenden Sinne gebrauchen. Es ist nicht so, als ob die Pflanze, die Natur oder irgendeine geheimnisvolle Kraft bewußt oder unbewußt nach einem weisen, vorausschauenden Plan die den Insekten willkommenen Nektarorgane entwickelt hätte oder daß sich bunte Blumen und angenehme Düfte ausbildeten nur zu dem Zweck, die „klugen" Insekten zu den zuckerreichen Futterquellen zu leiten. In Wirklichkeit „weiß" die Pflanze nichts von den Insekten, und ebensowenig „weiß" sie, daß sich Insekten durch Helligkeit und bunte Farben sowie durch Düfte in ihrer Flugbahn beeinflussen lassen und daß sie bei ihren Blumenbesuchen ungewollt die Bestäubung vollziehen. Dennoch läßt sich die Tatsache nicht leugnen, daß Blume und Insekt aufeinander abgestimmt sind, daß die Pflanze eigens für die Insekten Nektar erzeugt und daß sie die Insekten mit Farbe und Duft anlockt. Denken wir nur an den süßlichen Duft eines blühenden Apfelbaumes oder an die goldgelbe Pracht eines Raps- oder Luzernefeldes. Schon der Mensch mit seinem wenig gut entwickelten Geruchssinn nimmt den angenehmen Duft, zumal bei günstigem Wind, aus großer Entfernung wahr.
Ebenso sicher ist, daß die Insekten die Blumen wegen der ihnen besonders angepaßten Eigenschaften aufsuchen und dabei der Pflanze einen wichtigen Dienst leisten, nämlich die Bestäubung vermitteln. Auch die vielen Sondereinrichtungen der Blüten, die es verhindern, daß unberufene Blütenbesucher von dem Nektar naschen, ohne dabei die Bestäubung zu vollziehen, sind wichtige Anpassungen der Pflanzen an die Insekten. Die Insekten selber zeigen auch mancherlei Anpassungen an ihre „Aufgabe", die Blüten zu bestäu-

ben. Besonders deutlich ist das bei solchen Insektenarten, die nur ganz bestimmte Blumen zu besuchen pflegen. So ist zum Beispiel der Rüssel mancher Insekten so lang, daß sie den Nektar gerade aus solchen langröhrigen Blüten saugen können, die sie gewohnheitsmäßig anfliegen. Mitunter sind Pflanze und Insekt so stark aufeinander angewiesen, daß die Pflanze gar nicht ohne diese bestimmte Insektenart bestehen könnte, da nur diese Insektenart allein als Bestäuber dienen kann; und dieselbe Insektenart könnte umgekehrt nicht ohne die bestimmte Pflanzenart leben, da sie allein ihr oder ihrer Nachkommenschaft die Nahrung liefert.

Wenn wir uns diese mehr oder weniger verwickelten Anpassungen vor Augen halten, dann erscheint es zunächst allerdings unmöglich oder sehr schwierig, ihr Zustandekommen auf natürliche Weise zu erklären. Hier dürfen wir aber eine wesentliche Tatsache nicht übersehen: Was wir heute als fertige Anpassung zwischen Blume und Insekt kennen, sind gewissermaßen nur die erfolgreichen Fälle, also jene glücklichen Zufälle, wo zu einer bestimmten Blütenform auch gerade eine Insektenform mit geeigneter Körperbauart in der Nähe vorhanden war und nun als Bestäuber der Pflanze wirksam werden konnte. Von den vielen mißlungenen Fällen, wo sich zu den neuentstandenen, abweichend gebauten Blütenformen nicht die geeigneten Insekten als Bestäuber vorfanden, erfahren wir dagegen nichts. Und wir können auch gar nichts davon erfahren, weil die „verunglückten" Blüten keine Samen erzeugten und diese Pflanzen gleich nach dem Entstehen wieder ausstarben. Ebenso mögen auch viele neuentstandenen Insektenformen rasch wieder zugrunde gegangen sein, weil sie nicht die ihnen zusagenden Blüten als Nahrungsquelle antrafen. Wir erkennen jetzt also, daß überhaupt nur solche Insektenblütler erhalten bleiben, die von vornherein die als Bestäuber geeigneten Insekten vorfinden. Oder, was dasselbe bedeutet: Nur solche insektenblütigen Pflanzenarten können bestehen, die die notwendigen Anpassungen an die blütenbesuchenden Insekten aufweisen. Es ist daher kein Wunder, sondern geradezu eine Selbstverständlichkeit, daß die Blumen aufs feinste an die Insekten angepaßt sind. Wäre dies nicht der Fall, dann könnte die betreffende Pflanzenart gar nicht existieren. Zweckmäßigkeit in Bau und Leistung, Anpassung an alle Bedingungen der Umwelt sind also die notwendigen Voraussetzungen dafür, daß Pflanzen und Tiere überhaupt bestehen können.

Das Vorhandensein der zweckmäßigen Anpassungen der Blumen an die Insekten und der Insekten an die Blumen braucht uns also nicht weiter ein unerklärliches „Wunder" zu dünken. Damit ist aber die Entstehung der Insektenblütigkeit, die Bindung der Pflanze an die Insekten als notwendige Vermittler der Bestäubung, noch nicht verständlich geworden. Die Beobachtung der pollensammelnden Honigbienen in den windblütigen Ulmen (Abb. 3) gibt uns indessen einen ersten Hinweis darauf, wie sich die Insektenblütigkeit allmählich entwickelt haben mag. So wie heute die Biene in den Ulmenblüten als Pollenräuber auftritt, stellten sich auch in vergangenen Zeiten die ersten In-

sekten als „Diebe" in den Blüten ein, ohne an deren Bestäubung mitzuwirken. Teilweise werden sie den Pollen verzehrt, teilweise das zarte Pflanzengewebe selbst angegriffen haben, wie es auch heute noch viele unberufene Blütenbesucher tun, besonders kleine Käfer. Der erste Schritt zur Insektenblütigkeit erfolgte nun dadurch, daß der bisher trockene, pulverförmige Pollen, der nur der Verbreitung durch den Wind diente, klebrig wurde. Die Klebrigkeit des Pollens führte ja nicht nur dazu, daß sich die lockeren Pollenkörner zusammenballten, in der Blüte haftenblieben und nicht mehr durch den Wind davongetrieben wurden; sondern sie blieben nun auch leicht an dem behaarten Körper der Insekten hängen und wurden somit ungewollt von einer Blüte zur anderen befördert. Kamen die pollenbeladenen Insekten jetzt mit den Narben in Berührung, dann vollzogen sie natürlich die Bestäubung. Wir erkennen also, daß die Klebrigkeit der Pollenkörner nicht nur die erste, sondern überhaupt die wichtigste Änderung ist, die zwangsläufig zum Entstehen der Insektenblütigkeit führt. Denn den klebrig gewordenen Pollen kann der Wind nicht mehr transportieren.

Abb. 3 Honigbienen plündern den Pollen der Ulme, eines Windblütlers

Die Klebrigkeit des Pollens ist nun aber nicht etwa auf Grund eines vorausschauenden „Planes" entstanden, sondern sie ist das Ergebnis der natürlichen Veränderlichkeit (Variabilität) aller Lebewesen. Wir wissen, daß in der Natur alles dauernd in Abänderung und Umwandlung begriffen ist, daß also nichts unverändert von einer Generation auf die andere vererbt wird. Vielmehr entwickeln sich die Organismen immer wieder im Zusammenwirken mit der Umwelt und unter der Einwirkung der sich nie völlig gleichbleibenden Umweltbedingungen von neuem. So kommt es, daß in der Nachkommenschaft immer Abweichungen auftreten, meist geringeren Umfanges, manchmal aber auch in erheblicher Stärke. Die auf diese Weise mehr oder weniger stark veränderten Nachkommen haben sich nun mit ihrer Umwelt auseinanderzusetzen. Manche der neuentstandenen Merkmale und Eigenschaften erweisen sich als zweckmäßig für die Entwicklung des Lebewesens. Der so abgeänderte Organismus bleibt am Leben, kann sich vermehren und dadurch die neuerworbene Eigenschaft auf seine Nachkommen übertragen. Sind dagegen die neuentstandenen Eigenschaften für den Organismus nachteilig, dann geht er zugrunde; er wird bei der natürlichen Auslese, der Selektion, ausgemerzt. Die Veränderlichkeit, die Variabilität, liefert also dauernd neue Formen, und durch die Auslese, die Selektion, die Auseinandersetzung mit der Umwelt, erweist sich, ob das Neue lebensfähig ist und Bestand hat.

Durch einen solchen Vorgang der Variabilität ist auch die Klebrigkeit des Pollens entstanden. Diese neue Eigenschaft konnte sich durchsetzen, da Insekten vorhanden waren, die jetzt an Stelle des Windes die Beförderung des Blütenstaubes übernehmen konnten. Auch die anderen Merkmale, die für die Insektenblüten bezeichnend sind, entstanden allmählich durch das Zusammenwirken von Variabilität und Selektion. Die Blüten variieren in der Größe, in der Färbung, in der Form einzelner Blütenteile, in der Dufterzeugung, in der Nektarabsonderung. Manches, was auf diesem Wege entstand, erwies sich als zweckmäßig, weil es die Insekten stärker an die Blüten mit den neuen Merkmalen fesselte und dadurch die Bestäubung besser sicherte, als es vorher der Fall war. Hier treiben also die Insekten unbewußt Auslese, sie sorgen dafür, daß das für sie Zweckmäßige gefördert wird und das Unzweckmäßige wieder verschwindet. Andererseits variieren natürlich auch die Insekten, und manche ihrer neuentstandenen Merkmale, etwa ein besonders gestalteter oder längerer Rüssel, eine besondere Art der Behaarung, neuartige Instinkte oder bestimmte Leistungen ihrer Sinnesorgane, erwiesen sich als zweckmäßig bei der Suche von Pollen und Nektar. So beeinflußten sich also dauernd Pflanze und Tier gegenseitig, und das Ergebnis der unbewußten gegenseitigen Einwirkungen sind die vielen Anpassungen, die wir heute an den Blumen und ihren Bestäubern feststellen können.

Abb. 4 Die Schwebfliegen gehören zu den besten Bestäubern unter den Fliegen

Insekten als Blütenbestäuber

Sehr viele Insektenarten ernähren sich von Nektar oder Pollen und sind infolge dieser Ernährungsweise mehr oder weniger gut zur Durchführung der Blütenbestäubung geeignet. So sind die meisten Schmetterlinge Blumenbesucher, obgleich es auch unter ihnen Arten gibt, die im ausgewachsenen Zustand keine Nahrung zu sich nehmen und daher als Blütenbesucher ausschalten. Besonders wichtige Blütengäste finden sich unter den Hautflüglern (Hymenopteren), die allein fast die Hälfte der Blütenbesucher ausmachen. Hier sind vor allem die Bienen und die Hummeln zu nennen, die in Körperbau und Lebensweise am besten an die Blüten angepaßt sind. Auch viele Zweiflügler („Fliegen") spielen als Blütenbestäuber eine bedeutende Rolle (Abb. 4),

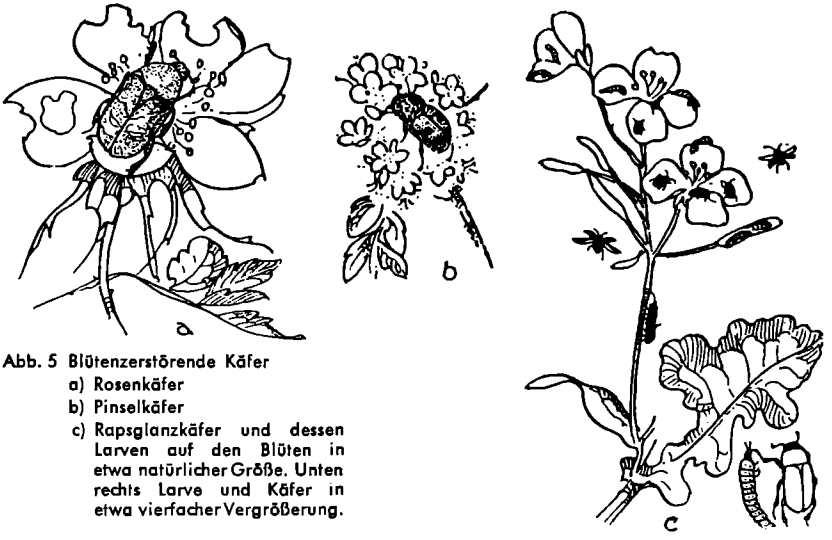


Abb. 5 Blütenzerstörende Käfer
a) Rosenkäfer
b) Pinselkäfer
c) Rapsglanzkäfer und dessen Larven auf den Blüten in etwa natürlicher Größe. Unten rechts Larve und Käfer in etwa vierfacher Vergrößerung.

während die Käfer sich zwar massenhaft in den Blüten einstellen, als Bestäuber aber meist unwichtig sind und oft sogar die Blüten mehr oder weniger stark zerstören (Abb. 5).

Das ist auch der Fall bei einem Insekt, das sich vorzugsweise vom Blütenstaub des Rapses, der bekannten ölliefernden Pflanze, ernährt. Es ist der Rapsglanzkäfer (Abb. 5c). Infolge seiner Vorliebe für den Blütenstaub dieser wertvollen Kulturpflanze wartet er nicht, bis sie aufblüht, sondern durchbohrt die kleinen Knospen. Dadurch gewinnt er den Landwirt nicht zum Freund, sondern dieser wird sein erbitterter Feind. Oft kann beobachtet werden, daß sich, durch die Witterung bedingt, die Rapsblüte verzögert. Das Insekt braucht Nahrung und deckt seinen Bedarf, wobei es die Rapsknöspchen zerstört und damit großen Ertragsausfall bewirkt. Nur regelmäßige und gewissenhafte Beobachtung des Rapses vor Beginn der Blüte vermag den Schaden zu verhindern. Es muß dann sofort mit einem entsprechenden Giftmittel gestäubt oder gespritzt werden (Gesarol), um die teilweise massenhaft auftretenden Käferchen abzutöten.

Tritt der Rapsglanzkäfer erst zur Blütezeit auf, so kann er keinen Schaden mehr anrichten, sondern vermag zuweilen neben der Biene als Fremdbestäuber aufzutreten. Andererseits würde die Bestäubung des Rapses mit einem Giftmittel während seiner Blüte den Tod der Bienen bedeuten.

Wenn wir einmal längere Zeit den Insektenbesuch der blühenden Disteln oder der großen weißen Blütenschirme der Doldenblütler beobachten, dann werden wir bald erkennen, daß es neben regelmäßig immer wiederkehrenden,

eifrig saugenden oder pollensammelnden Arten auch solche gibt, die sich offenbar nur gelegentlich, also gewissermaßen als „Naschkatzen", auf den Blüten umhertreiben. Weiter sehen wir, daß manche Insekten geschickt mit einem langen Rüssel Nektar saugen oder mit Hilfe ihrer Beine den Pollen zu kleinen Ballen formen und ihn dann davontragen, während andere Arten plump in der Blüte herumwühlen und mit Gewalt zum Nektar oder zum Pollen zu gelangen suchen. Und schließlich stellen wir fest, daß vor allem die Bienen und die Hummeln viele Blüten der gleichen Art nacheinander besuchen, ehe sie entweder gesättigt davonfliegen oder die eingesammelte Nahrung zum Neste tragen. Andere Blütenbesucher dagegen eilen gleich wieder davon, wenn sie ihren Hunger oder Durst gestillt haben; sie befliegen also niemals nacheinander eine größere Anzahl Blüten derselben Pflanze. Diese Beobachtungen lehren uns, daß nicht alle Insektenarten die gleiche Bedeutung für die Pflanzen haben: nicht alle sind als Bestäuber wichtig.

Sehen wir uns nun die verschiedenen blütenbesuchenden Insekten etwas genauer an, dann stellen wir fest, daß manche besondere Anpassungen an den Blütenbesuch aufweisen, während andere davon nicht das geringste erkennen lassen. So zeigt der Körper fast aller Käfer, Wanzen, Mücken, Bremsen und vieler anderer Zweiflügler keine Besonderheiten, die das Aufsuchen des Nektars oder das Einsammeln des Pollens erleichtern; auch die Wespen (Papierwespen, Feldwespen) sind nicht besonders auf den Blütenbesuch eingerichtet. Solche Insekten fressen auch andere Nahrung, sie sind also nicht auf die Blumen allein angewiesen. Sie haben daher auch als Bestäuber nur geringen Wert, weil sie bloß gelegentlich die Blumen besuchen.

Eine zweite Gruppe von Insekten ist dagegen deutlich an den Erwerb von Nektar oder Pollen angepaßt, wenngleich hier die Anpassungen noch nicht so weit fortgeschritten, so einseitig („spezialisiert") sind, daß diese Insekten ihre Nahrung nur in ganz bestimmten Blüten finden können. Solche Insekten sind regelmäßige Blumenbesucher. Sie naschen aber oft an dieser, dann an jener Blüte, so daß die Sicherheit der Pollenübertragung nicht allzu hoch ist. Zu diesen noch nicht ganz hochwertigen Blütenbestäubern gehören vor allem die meisten Schmetterlinge, die langrüsseligen Grab- und Goldwespen, die kurzrüsseligen Bienen- und Hummelformen und die Schwebfliegen.

Die dritte Gruppe blütenbesuchender Insekten sind schließlich die völlig einseitig angepaßten Blumenbesucher mit hochentwickelten Instinkten, sehr langen Saugrüsseln und zum Teil sehr komplizierten Einrichtungen zum Sammeln von Nektar und Pollen. Diese Insekten kann man geradezu als Blumenspezialisten bezeichnen, da sie die Blüten am vollkommensten als Nahrungsquelle ausnutzen. Sie besuchen die Blüten der gleichen Pflanzenart oft längere Zeit nacheinander oder haben sich überhaupt an nur eine oder wenige Pflanzenarten angepaßt. Durch diese „Stetigkeit" im Blumenbesuch ist natürlich die Fremdbestäubung aufs beste gesichert, und die Pflanze hat in solchen Insekten die besten Helfer. Zu diesen wirksamsten Bestäubern ge-

hören die langrüsseligen Hummeln und Bienen und von den Schmetterlingen die langrüsseligen Schwärmer.
Bienen und Hummeln sind aufs engste an die Blumen gebunden. Sie ernähren sich nicht nur selber vom Nektar und vom Pollen und von dem aus Nektar bereiteten Honig, sondern sie füttern auch ihre zahlreichen Larven (Maden) mit diesen Blütenerzeugnissen. Diese Insekten sind daher gezwungen, den ganzen Tag über Blumen zu besuchen, um für ihre Nachkommenschaft die nötigen Nektar- und Pollenmengen einzutragen. Besonderen Eifer zeigen die Honigbienen, da sie neben der täglichen Nahrung auch noch Wintervorräte sammeln. Denn im Unterschied zu Hummeln und Wespen überwintern die Bienen und brauchen daher Winterfutter.
Der Rüssel der Honigbiene kann bis zu etwa 6 mm ausgestreckt werden. Mit diesem Rüssel ist die Biene imstande, nicht nur offenliegenden, sondern auch tiefer in der Blüte geborgenen Nektar aufzunehmen, und sie findet mit ihm auch noch den Nektar am Grunde von 6 mm langen Blumenröhren. Ist die Kronenröhre jedoch länger, dann ist auch der Honigbiene die Nektarquelle verschlossen. Solche langröhrige Blüten werden daher auch gar nicht von Bienen beflogen; deren Bestäubung ist vor allem den langrüsseligen Hummeln und Schwärmern vorbehalten.
Will die Honigbiene Pollen sammeln, dann klappt sie ihren Rüssel nach unten zusammen, so daß er sie bei ihrer Tätigkeit nicht stören kann. Sie bringt ihre Mundöffnung an den Pollen, nimmt ihn von den Staubbeuteln ab und befeuchtet ihn dabei ein wenig mit Speichel. Die dadurch entstehende, zusammenhaftende Pollenmasse gelangt durch lebhafte Beinbewegungen zu den behaarten Vorderbeinen, dann zu den Mittelbeinen und schließlich auf die sogenannten Bürsten der Hinterbeine (Abb. 6a), die auf der Innenseite des ersten Fußgliedes von mehreren Reihen kurzer Borsten gebildet werden.

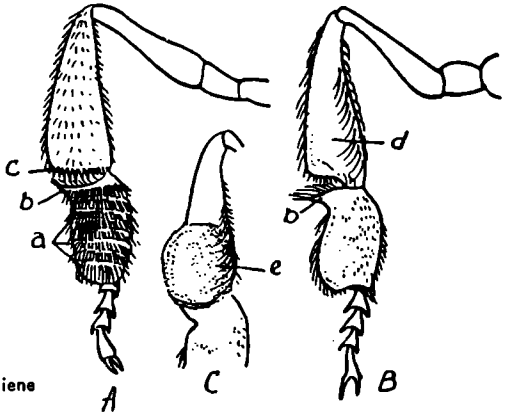


Abb. 6 Hinterbeine der Honigbiene
A von innen gesehen
B von außen gesehen
C ebenso, mit kleinen Höschen
a) Bürste
b) Fersensporn
c) Pollenkamm
d) Körbchen auf der Außenseite der Schiene
e) Höschen (Pollenmasse)

Die Biene reibt nun die Beine aneinander, und hierbei wird der Pollen durch den Pollenkamm (c) des gegenüberliegenden Beines aus der Bürste herausgekämmt und mit Hilfe des Fersenspornes (b) auf die Außenseite der Schiene geschoben. Er gelangt hier schließlich in eine von langen Borsten überwölbte Vertiefung, in das sogenannte Körbchen (d). Im Körbchen häuft sich die Pollenmasse als dickes, etwa 3½ mm langes und 2 mm breites Höschen (e) an, in dem oft mehr als 100 000 Pollenkörner zusammengepackt sind. Haben die Höschen der beiden Hinterbeine ihre volle Größe erreicht, dann fliegt die Biene mit ihrer schweren, weithin sichtbaren gelben Last zum Stock.
Beim Einsammeln des Pollens bleiben die Pollenkörner auch an den anderen Körperstellen haften und werden daher leicht wieder abgestreift, wenn die Biene beim Besuch der nächsten Blüte eine Narbe berührt. Dasselbe geschieht auch, wenn die Biene Nektar sammelt. Die Fremdbestäubung ist daher gesichert, sobald die Honigbiene nacheinander Blumen der gleichen Pflanzenart besucht, weil sie dabei immer den gleichen Blütenstaub überträgt. Honigbienen sind nun in besonders hohem Maße „blumenstet" (stet = stetig, ausdauernd). Dabei unterstützt sie ihr gutes Auge, das vor allem zum Erkennen von blauen und violetten Farben und sogar zum Wahrnehmen des für uns unsichtbaren Ultravioletts fähig ist, während Scharlachrot nicht wahrgenommen wird.
(Näheres hierüber findet ihr in dem Heft „Was Tiere erleben" der gleichen Serie.)
Auch das Geruchsvermögen ist gut entwickelt. Die Bienen können daher die günstigen Futterquellen an den verschiedensten Merkzeichen wiederfinden. Aus der Ferne erkennen sie die Blüten vorwiegend an der Farbe und an der Helligkeit, während sie in der Nähe durch den Duft zum Niedersitzen auf der Blüte veranlaßt werden. In der Blüte werden dann die Bienen durch besonders auffällige Zeichnungen, Linien, Punkte (durch die sogenannten Saftmale) zum Nektar geleitet. Daß sie sich die Saftmale tatsächlich einprägen und sich nach ihnen richten, ist durch Experimente nachgewiesen worden. Es ist also keine Übertreibung, wenn man viele auffällige Blütenzeichnungen und auch bestimmt geformte Blütenteile als Anpassungen der Pflanze an das Insekt bezeichnet, als Wegweiser zum Nektar.
Wenn die Bienen auf Nahrungssuche ausfliegen, so tun sie das nicht planlos. Zuerst verlassen nur einige Suchbienen den Stock. Sie durchstreifen die Umgebung nach ergiebigen Blüten. Bereits im Anflug, innerhalb von 2 bis 3 Sekunden, prägen sich die Bienen Aussehen und Duft der Blüte ein. Stellen die Blüten eine sehr reiche Futterquelle dar, dann unternehmen die Bienen, nachdem sie sich mit Nektar vollgesogen oder den Pollen eingesammelt haben, mehrere Rundflüge um die Futterstelle, die etwa 10 Sekunden dauern. In dieser Zeit orientieren sie sich genau über die nähere und weitere Umgebung der Futterstelle. Dann endlich fliegen sie davon und bringen ihre reiche „Tracht" nach dem Bienenhaus. Die Erregung der Suchbienen alarmiert nun die anderen

Sammelbienen; sie können dann jene Blüten allein finden, die gerade jetzt reichlich Nahrung spenden, meist aber folgen sie der zur Futterstelle zurückeilenden Suchbiene oder deren in der Luft hinterlassenen Duftspur.
So kommt es, daß bald eine große Anzahl von Honigbienen stundenlang oder tagelang dieselbe Blütenart besucht, sie ausbeutet und dabei die Bestäubung vollzieht. Diese feste, längere Zeit anhaltende Bindung der Biene an eine bestimmte Blütenart ist für die Pflanze natürlich sehr wichtig, da sie die Bestäubung zahlreicher Blüten in hohem Maße sichert.
Die Bedeutung der Hummeln als Blütenbestäuber ist nicht viel geringer als die der Honigbiene. Im Gebirge stellen sie sogar die wichtigsten Blütenbesucher dar, weil sie auch bei windigem, kühlem und sogar regnerischem Wetter, wie es im Gebirge öfters vorherrscht, die Blumen befliegen. Manche Hummelarten haben eine Rüssellänge von 19 bis 21 mm, sie können daher auch solche Blumen mit langen Kronenröhren besuchen und bestäuben, die den kurzrüsseligen Bienen nicht zugänglich sind. Es gibt jedoch auch Hummelarten mit kürzerem Rüssel. Trotz dieser unzureichenden Mundwerkzeuge besuchen diese Hummeln aber vielfach gleichfalls langröhrige Blüten oder solche, deren Nektar in einem langen Sporn verborgen ist. Doch gelangen sie hier nicht auf dem gewöhnlichen Weg zum Nektar, sondern sie beißen ein Loch in die Blüte und „stehlen" dann den Nektar, natürlich ohne dabei die Bestäubung zu vollziehen.
Wie die Bienen sind auch die Hummeln meist blumenstet und suchen so lange die gleiche Blumenart auf, wie sie Nektar oder Pollen darbietet. Sie werden ebenfalls aus der Ferne durch die Blütenfarbe angelockt und orientieren sich dann in der Nähe nach den Saftmalen und dem Duft. Man hat das auch im Experiment mit Hilfe künstlicher Blumen nachgewiesen. Im allgemeinen meiden die Hummeln Blüten mit offenliegendem Nektar, da sie gewohnt sind, ihre Rüssel in die Tiefe von Röhren einzuführen. Das Aufsaugen des freiliegenden Nektars ist ihnen dagegen unbequem. Die Bindung zwischen Pflanze und Hummel ist zuweilen sehr eng: Die betreffenden Blüten werden nur von Hummeln besucht, und manche Hummelarten sind sogar an ganz bestimmte „Hummelblumen" gebunden und sind deren einzige Bestäuber.
Eine besondere Bedeutung sollen die langrüsseligen Hummeln für die Bestäubung des Wiesen- oder Rotklees und der Luzerne haben, die zu unseren wichtigsten Futterpflanzen gehören. Schon Darwin gibt an, daß die Blüten des Rotklees nur von Hummeln besucht werden, da die Bienen wegen ihres kurzen Rüssels den Nektar nicht erreichen können. Wo aber die Feldmäuse zahlreiche Hummelnester vernichten, fehlt es an Hummeln, an Bestäubern dieser wichtigen Futterpflanzen, und die Samenernte fällt dann sehr schlecht aus. Wird aber die Mäuseplage erfolgreich bekämpft, dann gibt es genügend Hummeln und gute Samenernten, und Klee sowie Luzerne sind in ihrem Fortbestand gesichert. Dieses bekannte Beispiel Darwins für die engen

Beziehungen zwischen Tieren und Pflanzen findet aber heute nicht mehr ungeteilte Anerkennung. Denn erfahrene Züchter weisen darauf hin, daß bei uns nicht die Hummel, sondern die Biene bei der Bestäubung und Befruchtung des Rotklees und der Luzerne die Hauptrolle spielt. Selbst wenn die Honigbiene den Nektar ihrer Blüten nicht erreichen kann, besucht sie diese des Pollens wegen und vollzieht dabei die Bestäubung.

Die Hautflügler mit den Bienen und Hummeln nehmen die erste Stelle unter den blütenbestäubenden Insekten ein. An zweiter Stelle stehen die Schmetterlinge. Ihrem Körperbau nach sind sie zwar noch stärker an den Blumenbesuch angepaßt als die Hautflügler; denn ihr einrollbarer Saugrüssel ist als einseitig spezialisiertes Organ zum Einschlürfen des Nektars entstanden, sie sind also fast ausschließlich auf die Blüten als Nahrungsquelle angewiesen. Dennoch sind die Schmetterlinge im allgemeinen als Bestäuber nicht so wichtig wie die Hautflügler, da sie die Blumen meist nicht so emsig besuchen wie die Bienen und Hummeln. Die Schmetterlinge sammeln weder Pollen noch Nektar als Nahrung für ihre Nachkommenschaft; sie befliegen die Blumen nur, um ihren eigenen Hunger und Durst mit Nektar zu stillen und Kraft zum Weiterfliegen zu gewinnen. Um ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen, brauchen sie nicht rastlos von Blüte zu Blüte zu eilen. Hinzu kommt, daß die Tagschmetterlinge nur an warmen, sonnigen Tagen fliegen. In kühlen Nächten haben auch die Nachtfalter wenig Neigung, die Blüten aufzusuchen. Daher ist also die Blütenbestäubung durch Schmetterlinge längst nicht so gut gesichert wie beispielsweise durch die ziemlich wetterfesten Hummeln. Vor allem ist die Bedeutung der nur langsam fliegenden und lange auf derselben Blüte verweilenden Tagfalter als Bestäuber nicht sehr groß.

Abb. 7
Perlmutterfalter auf Distelblüte

Da die meisten Pflanzen ihre Blüten am Tage geöffnet haben, sind die Blütenbesucher vorwiegend Tagschmetterlinge. Zu ihnen gehören besonders die Tagfalter. Das ist eine bestimmte Gruppe im System der Schmetterlinge, nicht etwa eine Bezeichnung für die am Tage fliegenden Schmetterlinge. Die bekanntesten Tagfalter sind Weißlinge, Schwalbenschwanz, Admiral, Tagpfauenauge, Fuchs, Distelfalter, Trauermantel, Perlmutterfalter (Abb. 7) und die Bläulinge. Aber auch manche zu den Nachtfaltern gehörenden Arten fliegen am Tage, wie viele Spanner, einige Eulen (zum Beispiel die Gamma-Eule), Spinner und

sogar Schwärmer (zum Beispiel Taubenschwänzchen). Die meisten Nachtfalter sind Nachtinsekten. Unter ihnen sind die Schwärmer (Abb. 8) besonders wichtig, da sie rasch fliegen und wegen ihres sehr langen Rüssels gerade solche Blüten besuchen und bestäuben, deren Nektar in einer tiefen Kronenröhre oder in einem langen Sporn geborgen und daher anderen Insekten nicht zugänglich ist.

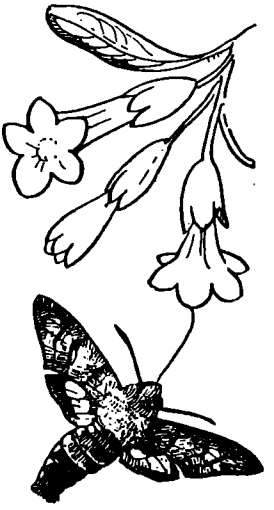


Abb. 8
Schwärmer beim Nektarsaugen

Die Bindung zwischen solchen meist nur nachts geöffneten oder nachts duftenden „Nachtfalterblumen" und bestimmten Nachtfaltern ist besonders fest. So werden die großen weißen, trichterförmigen Blüten der Zaunwinde fast nur vom Windenschwärmer besucht und bestäubt. Denn nur er ist imstande, mit seinem 65 bis 80 mm langen Rüssel bis zum Nektar vorzudringen. Eine andere Nachtfalterblume unserer Wälder ist die prachtvolle Türkenbundlilie. Ihr normaler Bestäuber ist das Taubenschwänzchen, ein kleiner, im Blumenbesuch ungemein eifriger Schwärmer. Er schwebt frei um die herabhängende Blüte herum und führt seinen Rüssel nacheinander in die sechs tiefen Nektarröhren der Blüte ein. Dabei berührt seine Unterseite die Staubbeutel, so daß er sich mit Pollen bedeckt, den er dann auf der Narbe der nächsten Blüte abstreift. Die nur nachts stark duftenden und sich erst abends öffnenden Blüten des Geißblattes bergen ihren Nektar am Grund einer 25 bis 30 mm langen, sehr engen Röhre. Sie können daher nur von langrüsseligen Nachtschmetterlingen aufgesucht und bestäubt werden. Als häufigste Besucher des Geißblattes sind der Windenschwärmer, der Ligusterschwärmer, der Kiefernschwärmer, der Weinschwärmer sowie langrüsselige Eulenarten beobachtet worden. Wenn diese Nachtfalter ihren Rüssel in die enge Blütenröhre einführen, berühren sie mit dem Kopf und dem Vorderkörper die Staubbeutel und die Narben und bestäuben so mit Sicherheit die Blüten.

Wenn wir eine Blüte mit ganz besonders langer Kronenröhre oder besonders langem Nektarsporn finden, dann können wir gewiß sein, daß nur ein Schwärmer mit ähnlich langem Rüssel als Bestäuber in Frage kommt. Denn das Dasein einer solchen Pflanze hängt unbedingt von einem Insekt ab, das an sie angepaßt ist. So beschreibt der berühmte englische Naturforscher Wallace 1891 eine auf Madagaskar vorkommende Orchideenart (Angraecum sequipedale), deren Nektar in einem über 250 mm langen Sporn geborgen ist. Nur ein großer, äußerst langrüsseliger Nachtfalter kann zu diesem Nektar gelangen und die Orchidee bestäuben. Ein Nachtfalter mit einem derartig

langen Rüssel war aber zu Wallaces Zeiten auf Madagaskar noch unbekannt, und Wallace sagte daher: „Daß eine solche Falterart auf Madagaskar existiert, kann als sicher vorausgesagt werden; und Naturforscher, die diese Insel besuchen, können sie mit ebensoviel Vertrauen suchen, wie die Astronomen den Planeten Neptun, und ich sage voraus, daß sie ebenfalls Erfolg haben werden." Tatsächlich wurde 1903 auf Madagaskar ein Nachtfalter (Macrosila morgagni praedicta) entdeckt, der einen 225 mm langen Rüssel besitzt. Mit diesem Rüssel kann er den Nektar der Orchidee erreichen, da dieser etwa ein Viertel des Spornes erfüllt.

Das Anlocken der Schmetterlinge durch die Blüten erfolgt vor allem durch den Duft; denn die Schmetterlinge haben ein außerordentlich feines Geruchsvermögen, das bei manchen Arten auch über große Entfernungen hinweg wirksam ist. Daneben orientieren sie sich auch mit den Augen und richten sich, besonders nachts, nach dem Helligkeitsgrad der Blüten und nach der Farbe. So kann man vielfach beobachten, daß der Schmetterling immer wieder gleichgefärbte Blüten anfliegt, sich in diesem Falle aber nicht von einem bestimmten Duft leiten läßt.

Unter den Zweiflüglern (Dipteren) stehen als Blütenbestäuber die Schwebfliegen an erster Stelle; sie sind für die Pflanzen wichtiger als alle anderen Fliegen zusammen. Die Schwebfliegen sind jene häufig wespen-, bienen- oder hummelartig gefärbten und gestalteten Fliegen, die an sonnigen Tagen zahlreich wie angenagelt in der Luft „stehen", mit einem Ruck zur Seite schwirren und nun an einer anderen Stelle unter rasenden Flügelschlägen verharren. Diese oft recht hübsch gezeichneten Schwebfliegen sehen wir vor allem als eifrige Besucher der Disteln oder der Doldenblütler, wo sie den offen zutage liegenden Nektar saugen oder mit dem besonders umgebildeten Rüsselende die Pollenkörner zermahlen. Sie sind neben anderen Fliegen auch die hauptsächlichen Bestäuber der sogenannten Fliegenblumen, beispielsweise des Ehrenpreises und des Hexenkrautes. Besonders wirksame Pollenüberträger sind auch die hummelähnlichen Wollschweber oder Hummelfliegen, die ihren 10 bis 12 mm langen Rüssel immer geradeaus nach vorn gestreckt tragen (Abb. 9) und dadurch ein gefährliches Stechinsekt vortäuschen. Mit wirbelnden Flügeln stehen sie vor den Blüten, sich nur ganz leicht mit den sehr langen Beinen festhaltend, und führen ihren Rüssel in die tiefen Kronenröhren ein. Viele mit der Stubenfliege verwandten Fliegenarten, ferner Tanzfliegen, Dickkopffliegen und andere, sind eifrige Blumenbesucher. Manche, vor allem die Schwebfliegen und die Wollschweber, suchen längere Zeit nacheinander Blüten gleicher Färbung auf; sie sind also blumenstet. Die meisten Fliegen lassen sich vom Duft leiten. Da sie eine besondere Vorliebe für faulige Gerüche haben, ist es nicht überraschend, daß viele Fliegenblumen (vor allem die sogenannten Gleitfallen- oder Kesselfallenblumen) Aasgerüche entwickeln und dadurch bestimmte Fliegen und Mücken herbeilocken. Solche übelriechende Fallenblumen sind der Aronstab, der vorwiegend von win-

Abb. 9 Wollschweber saugt mit dem langen Rüssel aus einer Lungenkrautblüte. Die Fliege hält sich dabei mit den sehr langen dünnen Beinen an der Blüte fest, ohne die äußerst raschen Flügelbewegungen einzustellen.

zigen Federmücken (Psychoda phalaenoides) aufgesucht und bestäubt wird, und die Osterluzei, die sich kleine Bartmücken (Ceratopogon) als Bestäuber einfängt. Aasfliegen, Fleischfliegen und Blumenfliegen lassen sich durch fäulnisartige Gerüche dazu verleiten, die kleinen weißen, sternförmigen Blüten der Schwalbenwurz zu besuchen. Wollen sie nach dem Nektarsaugen den Rüssel wieder aus der Blüte herausziehen, dann geraten sie mit ihm in die Spalte eines Klemmkörpers, an dem zwei Pollenmassen hängen. Die Fliegen versuchen sich gewaltsam zu befreien, und dabei reißen sie den Klemmkörper aus der Blüte heraus. Er hängt jetzt an ihrem Rüssel und wird zur nächsten Blüte mitgeschleppt, wo die Pollenmasse an der äußerst klebrigen Narbenfläche hängenbleibt und abreißt. So wird die Fremdbestäubung herbeigeführt, die hier nur von einem kräftigen Insekt vollzogen werden kann, das mit der „Falle" fertig wird.

Als letzte Gruppe blütenbesuchender Insekten sind schließlich die Käfer zu nennen. Wir haben schon erfahren, daß sie oft recht zahlreich auf den Blumen anzutreffen sind. Aber selbst jene Arten, die gewisse Anpassungen an den Nahrungserwerb in Blüten besitzen, sind verhältnismäßig wenig erfolgreiche Bestäuber. Denn die Käfer halten sich meist sehr lange in derselben Blüte auf, bestäuben also tagsüber nur eine geringe Zahl von Blüten. Die Anpassungen mancher Käfer an den Blumenbesuch bestehen vor allem in Kopfverlängerungen und Halsschildverlängerungen, wodurch sie leichter zum Nektar gelangen können (Abb. 10). Solche Anpassungen zeigen manche Bockkäfer, wie die Halsböcke (Gattung Leptura), die Blütenböcke (Grammoptera) und die Schmalböcke (Strangalia), ferner viele Weichkäfer (Cantharidae), die schlanken Oedemeriden (Oedemeridae) und manche Stachelkäfer (Mordellistena, Anaspis), die an ihrem stachelartig verlängerten Hinterleib zu erkennen sind. Diese Käfer finden sich vor allem zahlreich auf Doldenblüten, deren offen zutage liegender Nektar ihnen leicht erreichbar ist. Eine starke einseitige Anpassung an die Nektarnahrung zeigt nur die südamerikanische Käfergattung Nemognatha; denn sie hat einen 12 mm langen Saugrüssel. Alle diese mehr oder weniger stark an die Blüten angepaßten Käfer werden durch den Duft der Blüten angelockt, während die Blütenfarbe als Orientierungsmittel bei ihnen kaum eine Rolle spielt. Die meisten Käfer, die wir auf

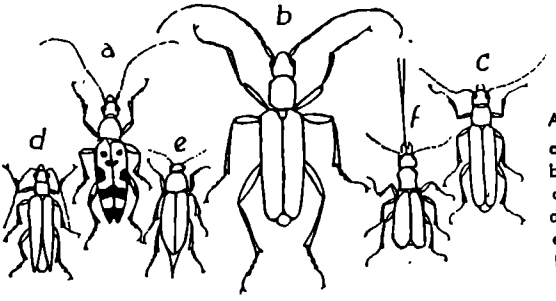


Abb. 10 Blütenbestäubende Käfer
a) Schmalbock
b) Halsbock
c) Weichkäfer
d) Oedemera virescens
e) Stachelkäfer
f) Nemognatha mit Saugrüssel

den Blüten beobachten, stellen sich ein, um dort Pollen oder Futtergewebe zu fressen; oder sie suchen in den Blüten nur Schutz vor der Nachtkälte oder dem Regen. Da sie beim Pollenfressen mit ihren groben Mundwerkzeugen oft große Teile der Blüten zerstören (vergleiche Abb. 5), ist ihr Nutzen durch gelegentliche Übertragung des Pollens auf andere Blüten viel geringer als der angerichtete Schaden. Im ganzen haben also die Käfer nur eine geringe Bedeutung als Blütenbestäuber.

Feigenwespe und Yuccamotte

Die Beziehungen zwischen den Insekten und den Blütenpflanzen sind, wie wir gesehen haben, mehr oder weniger eng. Im äußersten Falle sind Insekt und Blüte so völlig aufeinander angewiesen, daß keines ohne das andere leben kann. Als Beispiele solcher inniger Wechselbeziehungen wollen wir die Feigenwespe als Bestäuber der Feigenblüten und die Yuccamotte als Bestäuber der Palmlilien (Yucca) schildern. Da, wo das Insekt als Bestäuber fehlt, entwikkeln diese Pflanzen keine Samen, und umgekehrt können Feigenwespe und Yuccamotte nur dann existieren, wenn Feigenblüten und Palmlilien vorhanden sind. Weil bei uns die Yuccamotte fehlt, bildet die häufig gezogene Yucca filamentosa niemals Samen aus, und als man in Kalifornien Smyrnafeigenplantagen angelegt hatte, kam es nie zur Fruchtbildung, weil in Amerika die Feigenwespe nicht heimisch ist. Erst nachdem man auch dieses Insekt eingeführt und in den Plantagen ausgesetzt hatte, trugen die kalifornischen Smyrnafeigen Früchte.
Das, was als grüne „Feige" am Feigenbaum sitzt, ist ein Blütenstand (Abbildung 11 a). Dieser Blütenstand besteht aus einer urnenförmigen Blütenachse, die eine Höhlung umschließt, deren Wand mit zahlreichen kleinen Blüten be-

setzt ist. Am Scheitel dieser Urne befindet sich eine enge, durch Schuppenblätter geschützte Mündung. Die Feigenblütchen sind eingeschlechtig; sie sind also entweder als Pollenblüten (männliche Blüten) mit 2 oder 3 Staubbeuteln entwickelt oder als Fruchtblüten (weibliche Blüten) mit Fruchtknoten und Griffel (Abb. 11 b, c). Männliche und weibliche Blüten kommen gleichzeitig nur in den Blütenurnen der Wildfeige (Caprificus) vor, während die Edelfeige (Ficus carica) nur weibliche Blüten enthält. Wildfeige und Edelfeige unterscheiden sich weiterhin noch dadurch, daß die weiblichen Blüten der Wildfeige kurzgriffelig, die der Edelfeige dagegen langgriffelig sind. Diese verschiedene Länge des Griffels ist nun recht wichtig; denn die Feigenwespe (Blastophaga grossorum), eine kaum 2 mm lange, bräunliche Erzwespenart (Abb. 11 d), legt ihre Eier durch den Griffelkanal in die weiblichen Blüten. Aber nur durch den kurzen Griffel der Wildfeige gelangt das Ei bis in den Fruchtknoten, so daß er sich zu einer Galle umwandelt, in der dann die Wespenlarve heranwächst. In der langgriffeligen Blüte der Edelfeige kommt das Wespenei dagegen nicht in den Fruchtknoten und kann sich deshalb auch nicht weiterentwickeln. Die weiblichen Blüten der Edelfeigen werden also niemals durch Larven der Feigenwespe zerstört und können daher Samen bilden. In den Blütenurnen der Wildfeigen sind jedoch immer alle weiblichen Blüten von Wespenlarven befallen und in Gallen verwandelt; diese „Gallenblüten" liefern daher niemals Samen.
Die aus den Gallenblüten der Wildfeige hervorgegangenen weiblichen Feigenwespen verlassen nun die Blütenurnen durch die Mündung am Scheitel und bedecken sich auf ihrem Weg ins Freie mit dem Pollen der männlichen Blüten. Sie dringen dann in andere Feigenurnen ein, in Wildfeigen, aber auch in Edelfeigen, und bringen hier ihre Eier unter. Dabei werden natürlich die Narben bestäubt, und die weiblichen Blüten der Edelfeigen bilden nun Samen aus, da sich ja die in ihnen abgelegten Wespeneier nicht weiterentwickeln. Bei manchen Edelfeigensorten ist es notwendig, daß Samen ausgebildet werden; denn nur dann entsteht aus dem harten, grünen Blütenstand

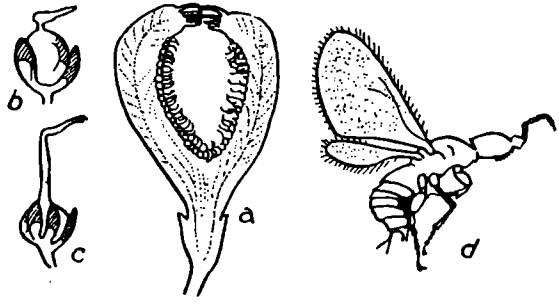


Abb. 11
a) Schnitt durch eine Feige
b) kurzgriffelige weibliche Blüte der Wildfeige
c) langgriffelige weibliche Blüte der Edelfeige
d) Feigenwespe (Weibchen)

die weiche, saftige und genießbare „Feige". Für solche Sorten (dazu gehört die schon erwähnte Smyrnafeige) ist der Besuch der Blütenstände durch Feigenwespen unbedingt notwendig. Hier greift nun der Mensch seit alters her in die Naturvorgänge ein. Er hängt entweder Zweige der Wildfeigen mit Blütenurnen in die Edelfeigenbäume (man bezeichnet das als Kaprifikation), oder er pflanzt in der Nähe der Edelfeigen Wildfeigen an, damit es nie an Feigenwespen als Bestäuber fehlt. Für solche Feigen ist also das Vorhandensein von Feigenwespen nötig, während umgekehrt die Feigenwespen ohne die Wildfeigen nicht existieren könnten und sofort aussterben würden, wenn es keine Wildfeigen mehr gäbe. Andere Edelfeigensorten dagegen, darunter die in wärmeren Gegenden Deutschlands (zum Beispiel in der Lößnitz bei Dresden) kultivierten, liefern süße saftige Früchte auch ohne Samenbildung (sogenannte Parthenokarpie), benötigen also keine Feigenwespen zu ihrer Entwicklung.

Noch stärker ist die Anpassung der Yuccamotten an die Blüten der Palmlilien. Die in unseren Gärten kultivierte, im südlichen Nordamerika heimische Yucca filamentosa hat große, rispenförmige Blütenstände mit abwärts geneigten weißen Blüten. Die Bestäubung erfolgt in der Heimat der Palmlilie nur durch die Yuccamotte (Pronuba yuccasella), einen etwa 13 mm langen Kleinschmetterling von 25 mm Spannweite mit silberweißen Vorderflügeln und hellbraunen Hinterflügeln (Abb. 12). Das Weibchen hat eine besondere Ausrüstung zum Pollensammeln und unterscheidet sich damit von allen anderen Schmetterlingen: Am Grundglied jedes Kiefertasters sitzt ein langer krümmungsfähiger Fortsatz (Abb. 13), der dem Männchen fehlt. Diese sogenannten Tentakeln dienen zum Abschaben und Festhalten des Pollens, der zu einer großen Pollenkugel zusammengeballt wird. Hat das Mottenweibchen eine solche Pollenkugel hergestellt, dann sucht es eine andere Yuccablüte auf und schiebt mit seiner langen Legescheide ein Ei in den Fruchtknoten. Einen Teil des mitgebrachten Pollenvorrates drückt es in eine der drei Narbenfurchen, legt hierauf ein zweites Ei in den Fruchtknoten, versorgt die

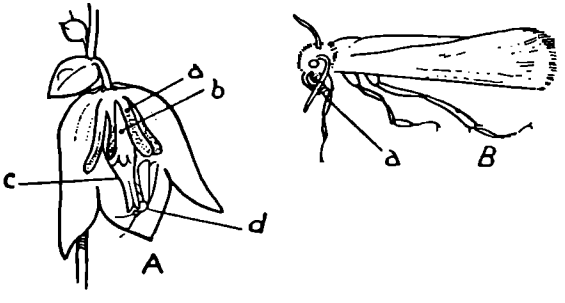


Abb. 12
A Yuccablüte, die von der Yuccamotte bestäubt wird (die vorderen Blütenblätter sind entfernt)
a) Staubbeutel
b) Fruchtknoten
c) Griffelspitze
d) Yuccamotte (nach Kraepelin)
B Yuccamotte
a) Pollenkugel (nach Kirchner)

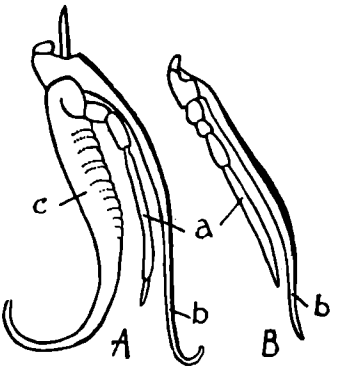


Abb. 13 Kiefer der Yuccamotte
A vom Weibchen
B vom Männchen
a) Kiefertaster
b) Rüssel
c) Tentakel zum Pollensammeln

zweite Narbenfurche mit Pollen, legt ein drittes Ei in den Fruchtknoten (bisweilen werden auch mehr als 3 Eier in einem Fruchtknoten abgesetzt) und bedeckt dann schließlich auch die dritte Narbenfurche mit Blütenstaub, so daß nun alle Samenanlagen befruchtet werden. Die aus den Eiern hervorgehenden Larven verzehren einen Teil der Samenanlagen, und die übrigen Anlagen entwickeln sich zu Samen. Während also die Yuccablüte einen Teil ihrer Samenanlagen gewissermaßen den Motten preisgibt, wird andererseits die Samenbildung durch das Mottenweibchen gesichert. Ohne Hilfe der Yuccamotte würden sich niemals Samen entwickeln, und ohne das Vorhandensein der Yuccablüten könnten sich niemals die Yuccamotten vermehren. Beide Lebewesen sind in ihrem Dasein also völlig aufeinander angewiesen.

Die wirtschaftliche Bedeutung der Blumeninsekten

Die große wirtschaftliche Bedeutung der blütenbesuchenden Insekten liegt darin, daß die meisten Kulturpflanzen erst durch deren Mithilfe Samen und Früchte entwickeln, die der Mensch ernten und verzehren oder zur Weiterzucht verwenden kann. Diese wichtige Rolle der Insekten hatte schon Konrad Sprengel erkannt. Er forderte, daß jeder Staat zur Erhaltung und Steigerung seines Land- und Gartenbaues für ausreichenden Bienenstand sorgen müsse. Er wußte auch schon, daß die Bienen imstande sind, die Viehweiden in gutem Zustand zu erhalten oder zu verbessern. Denn er schreibt in der Einleitung seines 1793 erschienenen Werkes: „Wenn die Bienen die Viehweiden, besonders die Schafweiden, verbessern, so kann dies nur so geschehen, daß sie die Blumen solcher Pflanzen, welche dem Vieh zuträglich sind, mit Vorliebe besuchen und befruchten. Und dies ist, besonders was die Schafweiden betrifft, sehr wahrscheinlich. Denn unter denjenigen Pflanzen, welche beson-

ders von den Schafen gesucht werden, tragen die meisten solche Blumen, welche unmöglich sich selbst befruchten oder vom Winde befruchtet werden können, sondern bloß von den Bienen oder anderen Insekten." Durch die befruchtende Tätigkeit der Insekten wird also bewirkt, daß auf den Weiden die guten Futterkräuter erhalten oder sogar vermehrt werden.

Die größte wirtschaftliche Bedeutung unter den Blumeninsekten haben die Hautflügler; denn in Mitteleuropa werden etwa 47 % der Blüten von Bienenarten, Hummeln und Wespen besucht und dabei bestäubt. Unter ihnen ist die Honigbiene der wichtigste Bestäuber, weil sie während der warmen Jahreszeit den ganzen Tag über Blüten besucht, um für sich, für die zahlreiche Brut und für den umfangreichen Wintervorrat Nektar und Pollen einzusammeln. Damit die Bienen 1 kg Honig herstellen können, müssen sie mindestens 6 Millionen Einzelblütchen des Rotklees oder 5 Millionen Wickenblüten oder über 1½ Millionen Robinienblüten besuchen. Um den vom Imker weggenommenen Honig und dazu noch den zu ihrer eigenen Ernährung nötigen Honig zu erzeugen, müssen die Bienen eine unvorstellbar große Menge von Blüten aufsuchen, die dabei natürlich bestäubt werden. Je mehr Insekten vorhanden sind, je mehr Honigbienen zum Nektar- und Pollensammeln veranlaßt werden, um so besser sind die Obsternten und der Samen- und Fruchtansatz der insektenblütigen Kulturpflanzen, um so größere Erträge bringen also Land- und Gartenwirtschaft. Oft kann man beobachten, daß eine Allee von Apfelbäumen erst dann Früchte trägt, wenn Bienenstöcke in der Nähe aufgestellt werden. Recht eindrucksvoll zeigt sich die Bedeutung der Bienen, wenn an einer langen Obstbaumallee nur an einem Ende Bienenstöcke aufgestellt sind: Je weiter man sich von den Bienenstöcken entfernt, um so geringer ist der Fruchtansatz der Bäume; denn die weit entfernten Bäume werden nur von ganz wenigen Bienen besucht. Für den Klee- und Ölfruchtbau sind die Bienen gleichfalls von größter Wichtigkeit; daher sucht man den Samenansatz durch das Aufstellen von Bienenstöcken in den Feldern zu steigern. Man nimmt an, daß $^3/_5$ der Ernte insektenblütiger Kulturpflanzen den Bienen zu verdanken sind. Dazu kommt noch der unmittelbare Wert des von ihnen produzierten Honigs und Wachses. Wir wissen, daß in der Sowjetunion der Bienenzucht große Aufmerksamkeit geschenkt wird, und erkennen, daß auch für die Steigerung unserer landwirtschaftlichen Erträge, die wir uns im Fünfjahrplan zur Aufgabe gestellt haben, die Bienenzucht eine wichtige Rolle spielt.

Die große wirtschaftliche Bedeutung der Blumeninsekten wird besonders dann für jeden sichtbar, wenn Kulturpflanzen fremder Länder eingeführt, aber deren natürliche Bestäuber vergessen werden. So hatte man den Rotklee von Europa nach Australien gebracht. Er gedieh prächtig, aber er gab keine Samen, da in Australien langrüsselige Hummeln fehlten. Erst als man Hummeln aus Europa ansiedelte, war auch in Australien Kleesamenbau möglich und der Fortbestand der Kleefelder gesichert.

Abb. 14 Hummelkolibri, der kleinste Vogel der Erde, vor einer Blüte schwebend (nach Brehms Tierleben)

Vögel und Fledermäuse als Blütenbestäuber

In vielen tropischen und subtropischen Gebieten spielen Vögel eine bedeutende Rolle als Blumenbestäuber. Genau wie die Blüteninsekten sind auch die blumenbesuchenden Vögel durch besondere Eigentümlichkeiten und Gewohnheiten an den Blumenbesuch angepaßt, und die von ihnen regelmäßig besuchten Blüten, die Vogelblumen (ornithogame, ornithophile Blüten) zeigen umgekehrt mannigfache Anpassungen an die Vögel. Zwischen den Vögeln und den Vogelblumen besteht dasselbe wechselseitige Abhängigkeitsverhältnis wie zwischen den Insekten und den insektenblütigen Pflanzen: Das Tier findet seine Nahrung in den Blüten, und die Blüten werden von den Tieren bestäubt.

Die Vögel suchen die Blüten in erster Linie des Nektars wegen auf, der sie nicht nur sättigt, sondern wegen seiner wäßrigen Beschaffenheit auch ihren hohen Wasserbedarf befriedigt. Nebenbei verzehren sie auch die kleinen Insekten, die vom Blütennektar angelockt worden sind. In große, weite Blüten schlüpfen kleine Vögel förmlich hinein, vor engröhrigen Blumen schweben sie wie die Schwärmer unter den Schmetterlingen und führen ihren oft recht langen Schnabel oder ihre Zunge in die Blüte ein (Abb. 14), oder sie halten sich in der Nachbarschaft der Blüte fest und schlürfen von hier aus den Nektar. Bei diesen Blütenbesuchen kommt besonders der Kopf mit den Staubbeuteln in Berührung, so daß er die Hauptrolle bei der Übertragung des Pollens auf die Narben anderer Blüten spielt. Besondere Anpassungen an den Nektarerwerb zeigen Schnabel und Zunge. Die oft äußerst langen, schmalen Schnäbel bilden eine am Ende offene Röhre, die ein Aufsaugen des wäßrigen Nektars aus langröhrigen, engen Blüten gestattet. Häufig ist auch die Zunge röhrenartig gestaltet und daher zum Saugen geeignet (Abb. 15 b, d). Bei manchen Blumenvögeln, besonders bei den australischen Pinselzungenpapageien, ist die Zungenspitze pinselartig zerteilt und gefranst, so daß der in der Tiefe einer Blüte geborgen liegende Nektar aufgetunkt werden kann, auch dann, wenn der Schnabel kurz ist.

Abb. 15 a) Kopf eines Pinselzungenpapageis (Trichoglossus moluccanus)
b) Zungenende eines Pinselzungenpapageis, von der Seite
c) Kopf eines Kleidervogels (Drepanis pacifica)
d) röhrenförmige Pinselzunge eines Kleidervogels (Hemignathus olivaceus). (Nach Porsch)

Die am besten, ja ganz einseitig an den Blütenbesuch angepaßten Blumenvögel sind die Kolibris, die in etwa 700 Arten und Unterarten vom südlichen Südamerika bis zum südlichsten Nordamerika verbreitet sind. Sie finden sich nicht nur in den tropisch-subtropischen Gebieten, sondern sie kommen auch in kühleren Gegenden vor und bewohnen das Hochgebirge bis dicht an die Schneegrenze. Zu den Kolibriarten gehören die kleinsten Vögel der Erde. Die winzigste Art ist der Hummelkolibri (Acestrura bombus; Abb. 14) im nordwestlichen Südamerika, dessen metallisch-grüner, rotkehliger Körper kaum größer als eine große Hummel ist. Der größte Kolibri ist der unscheinbar bräunliche, etwas grünlich schillernde Schwalbenkolibri (Patagona gigas), der längs der gesamten Anden vorkommt und eine Gesamtlänge von 20 cm erreicht.

Die meisten Kolibris sind echte Blumenvögel; doch gibt es auch Arten, die sich mehr von Insekten und Spinnen ernähren. Ihre Anpassungen an den Blütenbesuch sind sehr hoch entwickelt. Der Schnabel ist meist verhältnismäßig lang, die äußerst bewegliche Zunge kann sehr weit vorgestreckt werden und ist röhrenförmig gestaltet, so daß auch tief verborgener Nektar unter größter Schonung der Blüten ausgeschlürft werden kann. Wenn die Kolibris Nektar saugen, halten sie sich nicht an den Blüten fest, sondern sie „stehen" vor ihnen mit rasenden, schwirrenden Flügelschlägen, so wie es in unserer Heimat die Schwärmer tun. Die Kolibris nehmen die Blüten wie alle Blumenvögel mit den Augen wahr. Ihr Farbensinn ist wahrscheinlich gut entwickelt; allerdings sind hierüber noch keine Versuche angestellt worden. Blumendüfte spielen beim Aufsuchen der Blüten keine Rolle, denn die Vögel haben ein nur kümmerliches Geruchsvermögen.

Als Anpassung der Vogelblumen an den Vogelbesuch ist die umfangreiche Nektarerzeugung anzusehen. Die von den Vogelblumen erzeugte Nektarmenge ist viel größer als bei Insektenblumen. Sie muß auch größer sein, damit die Vögel, die auf einmal viel mehr Nektar schlürfen als ein Insekt, an die bestäubungsbedürftigen Blüten gefesselt werden. Besonders wenn die Blumenvögel ihre Jungen mit Nektar füttern, ist der Nektarbedarf sehr groß.

Den meisten Vogelblumen fehlt ein charakteristischer Duft, der ja auch entbehrlich ist, da ihn die Vögel doch nicht wahrnehmen würden. Die Färbung der Vogelblumen ist sehr häufig ein mehr oder weniger reines Rot. Diese rote Färbung kann nur auf Vögel wirken; denn Insekten nehmen Rot nur schwach oder überhaupt nicht wahr, während es den Vögeln das Auffinden der Blüten erleichtert. Oft sind auch noch die Blätter in der Nähe der Blütenstände oder andere Pflanzenteile auffällig gefärbt, so daß auch bei den Vogelblumen große Schauapparate entstehen, die weithin sichtbar sind und die Vögel anlocken. Solche Vogelblumen, die von den plumpen Pinselzungenpapageien und den Honigfressern besucht werden, sind besonders fest gebaut, da diese Vögel bei der Nektarsuche und beim Bestäuben die Blüten nicht gerade schonend behandeln.
In ähnlicher Weise sind vielfach auch solche tropische Blüten besonders stabil gebaut, die regelmäßig von Fledermäusen besucht und bestäubt werden. Denn die Fledermäuse krallen sich für kurze Zeit an der Blüte fest, um Nektar zu schlürfen oder Pollen zu fressen. Fledermäuse, die regelmäßig Blüten aufsuchen, haben wie die Blumeninsekten und die Blumenvögel kennzeichnende Anpassungen. Ihr Kopf ist langgestreckt und zugespitzt, so daß die Schnauze tief ins Blattinnere eindringen kann. Die Zunge ist sehr lang und dünn und kann weit vorgestreckt werden, die Zungenspitze ist dicht mit Härchen besetzt (Abb. 16c), wodurch das Aufnehmen des Nektars erleichtert wird. Im Vergleich zu den frucht- oder insektenfressenden Fledermäusen sind bei den Blütenbesuchern die Zähne stark verkümmert (Abb. 16 b), da sie nicht mehr gebraucht werden.
Blütenbesuchende Fledermäuse gibt es vor allem unter den amerikanischen Blattnasen, und zwar sind es hier besonders die kleinen, zierlichen Langzungenvampire (Glossophaginen), die mit blitzschnellem, schwirrendem Flug von Blüte zu Blüte eilen, sich für einen kurzen Augenblick an ihr festkrallen und Nektar und Pollen aufnehmen. Die Blüten des Kalebassenbaumes zum

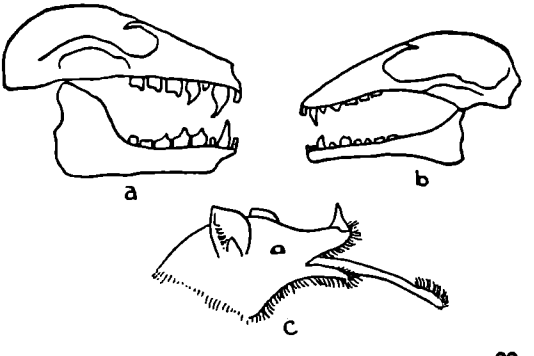


Abb. 16
a) Schädel einer fruchtfressenden Fledermaus
b) Schädel einer blütenbesuchenden Fledermaus
c) Kopf einer blütenbestäubenden Fledermaus mit weit vorstreckbarer Zunge und behaarter Zungenspitze

Beispiel werden vom Spitzmausartigen Langzungenvampir (Glossophaga soricina) besucht. Unter den Flughunden Asiens, Südamerikas und Afrikas gibt es auch eine ganze Anzahl Blütenbesucher. So werden vom Höhlenflughund (Eonycteris spelaea) auf Java, Borneo, Malakka vor allem die Blüten des Leberwurstbaumes, des Durians und des Baumwollbaumes bestäubt. Fledermausbesuch wird auch an Bananen- und Agavenblüten beobachtet. Aus Westafrika ist der Langzungen-Flughund Megaloglossus woermanni als Blütenbesucher bekannt.
Da die Fledermäuse Nachttiere sind, also keine Farben wahrnehmen können, fehlen den Fledermausblumen (chiropterogame, chiropterophile Blüten) auffällige, weithin sichtbare Färbungen. Dagegen duften sie in der Regel sehr stark, weil die Fledermäuse ihre Nahrung mit dem Geruchssinn auffinden.

Symbiose

Halten wir Rückschau, so stellen wir fest, daß die Beziehungen zwischen den blütenbesuchenden Tieren und den Blumen verschieden eng sind. Neben solchen, die nur mehr zufällig und gelegentlich auf oder in den Blüten angetroffen werden, die daher als Überträger des Pollens von Blüte zu Blüte gar keine Bedeutung haben und deshalb nur als „Besucher" zu bezeichnen sind, gibt es andere, die häufiger und mit größerer Regelmäßigkeit Blumen aufsuchen. Solche regelmäßige Blütengäste sind die eigentlichen „Blütenbestäuber". Viele unter ihnen, wie etwa die Wespen oder manche fruchtfressende Fledermäuse, sind in ihrer Ernährung nicht allein auf den Nektar und Pollen der Blüten angewiesen. Sie finden auch noch anderswo Nahrung und sind deshalb unsichere Bestäuber. Andere dagegen, sowohl unter den Insekten als auch unter den Vögeln und Fledermäusen, ernähren sich ausschließlich von den Blütenprodukten, oder die Entwicklung ihrer Larven kann nur in den Blüten stattfinden. Oft sind solche Tierarten auf ganz bestimmte Pflanzenarten angewiesen, und das Tier ist dann völlig von der Pflanze abhängig. Umgekehrt haben ganz allgemein die „tierblütigen" (zoogamen, zoophilen) Pflanzen die Tiere als Überträger ihres Blütenstaubes nötig. Manche Blume kann nur von einem ganz bestimmten Tier bestäubt werden, das dann in der Regel selber in seiner Ernährung oder Entwicklung vollkommen von diesen Blumen abhängig ist. Hier bestehen also die engsten wechselseitigen Beziehungen zwischen zwei ganz verschiedenartigen Lebewesen, die so weit gehen, daß das Tier nicht ohne die Pflanze und die Pflanze nicht ohne das Tier leben kann. Beide sind völlig aufeinander angewiesen, ja sie müssen zusammenleben, wenn sie existieren wollen. Ein solches Zusammenleben verschiedenartiger Organismen zu gegenseitigem Wohle bezeichnet man als Symbiose (Lebensgemeinschaft).

Die Symbiose hat dazu geführt, daß sich die Pflanze an das Tier und das Tier an die Pflanze angepaßt haben. Tier und Pflanze, die aufeinander angewiesen sind und zueinander gehören, bilden eine Einheit. Solche Einheiten finden wir bei den verschiedensten Tiergruppen, und so ist es nicht weiter verwunderlich, daß wir bei den blütenbesuchenden Insekten wie auch bei den Blumenvögeln und den Fledermäusen dieselben oder ganz ähnliche Anpassungen an den Erwerb der Nahrung aus Blüten vorfinden. Obwohl diese Bestäuber zu den verschiedensten, nicht miteinander verwandten Tiergruppen gehören, sind sie in vieler Hinsicht doch recht ähnlich gestaltet und haben gleiche oder ähnliche Organe entwickelt, mit denen sie Nektar und Pollen aus den Blumen gewinnen. Diese auffälligen Ähnlichkeiten beweisen eindrucksvoll den überragenden Einfluß der Umwelt auf die Gestaltung der Tiere. Denn die Blüten als Nahrungsquelle sind ein wesentlicher Bestandteil der tierischen Umwelt, mit dem sie sich auseinandersetzen und denen sie sich anpassen müssen. Denselben gestaltenden Einfluß der Umwelt beobachten wir an den Pflanzen: Ob sie nun von Insekten, von Vögeln oder von Fledermäusen bestäubt werden, immer zeigen sie die kennzeichnenden Anpassungsmerkmale der zoophilen Blüten, und im einzelnen sind sie vielfach aufs feinste auf ihre speziellen Bestäuber abgestimmt. Denn die Bestäuber gehören gleichfalls zur Umwelt der Pflanzen, deren gestaltenden Einflüssen sie unterworfen sind. So lehren uns die Blumen und ihre Bestäuber die große Bedeutung der Symbiose verstehen und ebenso die bedeutsame Rolle der Umwelt als gestaltender Faktor der organischen Entwicklung.

Die Zusatzbestäubung als Mittel zur Steigerung der Ertragssicherheit

Wir sahen bereits am Beispiel der Feige, daß der Mensch durch Beobachten und Nachdenken gelernt hat, sich von Zufällen unabhängig zu machen und selbstbestimmend in die Entwicklung der Natur einzugreifen. Aber erst in allerjüngster Zeit haben wir begonnen, einen so wichtigen Vorgang wie die Bestäubung unserer Kulturpflanzen systematisch zu erforschen und Mittel zu finden, im großen dabei mitzuwirken. Unser Lehrer ist auch hier der große sowjetische Gärtner und Gelehrte Mitschurin (1855 bis 1935). In seinen Gärten ließ er durch leichtes Schütteln der Zweige nachhelfen, und bei seinen Züchtungsversuchen erfolgt die Übertragung der Pollen sorgsam durch Menschenhand, um jeden Zufall auszuschalten.
Wir hörten bereits, daß es eine ganze Reihe von Pflanzen gibt, die sich selbst befruchten, bei denen also der Blütenstaub auf die Narben des Fruchtknotens derselben Blüte fällt, und zwar manchmal schon, ehe diese sich entfaltet hat. Blüten mit artgleichem Blütenstaub können auch von in der Nach-

barschaft stehenden Pflanzen bestäubt werden. Zu den sich selbst befruchtenden Pflanzen gehören unsere Hauptgetreidearten Weizen, Hafer und Gerste, während der Roggen als Fremdbefruchter auf andere Pflanzen angewiesen ist.
Als Überträger des Pollens kommen, wie wir gehört haben, der Wind, viele Insekten (Fliegen, Käfer, Schmetterlinge), bei Wasserpflanzen zuweilen auch das Wasser in Frage. Die Roggenpflanze mag uns als typisches Beispiel für die Windbefruchtung dienen. Nur wenige Tage stehen ihr zu diesem wichtigen Vorgang zur Verfügung. Fällt um diese Zeit gerade Regen oder herrscht völlige Windstille, so kann die Befruchtung nicht erfolgen, oder sie wird zumindest sehr unvollkommen sein. Es besteht in solchem Falle wenig Aussicht auf eine gute Ernte. Die Ähren werden gewöhnlich sehr schartig, da nur einige wenige Körner ausgebildet werden.
Wenn also zur Blütezeit große Pollenwolken über die wogenden Halme schweben, freut sich der Bauer, da die Ernte gut zu werden verspricht. Hieraus können wir die große Bedeutung des Windes für die Fruchtbildung bestimmter Kulturpflanzen ermessen.
Steht auf einem Weizenfeld eine einsame Roggenpflanze, wie es bei Verwendung von unreinem Saatgut vorkommen kann, so besteht keine Möglichkeit einer Befruchtung. Der Roggen ist mit sich selbst unfruchtbar (steril). Der Roggen wird bei noch so gutem Boden und noch so hoher Düngung taube Ähren aufweisen, da eben der Blütenstaub von einer anderen Roggenpflanze gefehlt hat.

Diese Tatsachen spielen im umgekehrten Sinne bei der Saatenanerkennung eine besondere Rolle. Wenn ein Bauer bestes Roggensaatgut (Elite) aussäen und damit Vermehrung treiben will, das heißt, wenn die erzielte Ernte nicht für den unmittelbaren Verbrauch, sondern zur Saat Verwendung finden soll, muß er sich rechtzeitig vorher mit seinen Nachbarn verständigen, damit diese das gleiche Saatgut gebrauchen oder ihre Roggenschläge mindestens 300 m von seinem Vermehrungsschlag entfernt legen. Sonst erfolgt eine unerwünschte Fremdbefruchtung durch den Wind. Der Pollen des minderwertigen Roggens würde bei entsprechender Windrichtung auf die federartigen Narben des hochwertigen Roggens getragen werden, und das daraus entstehende Saatgut würde nicht die Gewähr völliger Sortenechtheit bieten. Es würde im nächsten Jahre wieder „aufspalten", also vielfach Anzeichen eines aus der Art geschlagenen Roggens aufweisen. Dadurch würde der Roggen als Saatgut verworfen oder „aberkannt" werden müssen.

Können wir nun eingreifen, um mit unserer Hand die gewünschte Fremdbefruchtung zu sichern? Die Erfahrung lehrt, daß der Mensch sehr wohl in der Lage ist, sich hierbei erfolgreich einzuschalten. In der Sowjetunion hat man bereits sehr wirkungsvolle Methoden ausgearbeitet. Es wurden dadurch

Ertragserhöhungen und Saatgutverbesserungen bei den verschiedensten Kulturarten erzielt. Man hatte erkannt, daß die Befruchtung im allgemeinen besser vonstatten geht, wenn eine große Auswahl von Pollenkörnern vorhanden ist. Durch eine solche Befruchtung wurden zum Beispiel ein eiweißreicherer Weizen, ein fettreicherer Hanf, ein weniger unter Beulenbrand leidender Mais gewonnen. Die sogenannte Zusatzbestäubung bei Roggen, Mais, Buchweizen, Luzerne und Hirse erfolgte in den Morgenstunden (von 7 bis 10 Uhr). Zwei Personen zogen eine 100 m lange Leine zur Zeit der allgemeinen Blüte über den Acker. Die Leine darf hierbei nicht durchhängen, sondern muß straff gespannt sein. Man erzielte hierdurch bei Roggen einen Mehrertrag von 3,5 dz/ha. Mit einer 25 m langen Leine wurden noch bessere Ergebnisse beobachtet. Bei Mais wurde der Blütenstaub in ein Gefäß gesammelt und mit der Hand auf die zu bestäubenden Pflanzen ausgestreut. Der eingesammelte Blütenstaub hält sich 15 bis 20 Tage. Wenn man einen solchen Versuch durchführt, so muß man stets eine Vergleichsmöglichkeit haben: Man muß also gleichzeitig eine unbehandelte Parzelle anlegen. Nur so kann man sich von dem Erfolg einer Maßnahme überzeugen. Von beiden Versuchsfeldern wird dann gewichtsmäßig der Ertrag an Körnern und Stroh ermittelt.

Eine sehr wertvolle landwirtschaftliche Kulturpflanze ist die Zuckerrübe. Die Vermehrung ist in den letzten Jahren stark erweitert worden, da nicht genügend einwandfreies Saatgut in der Deutschen Demokratischen Republik zur Verfügung stand. Sind im zweiten Anbaujahr die Rübenstecklinge geschoßt und die Blüten entfaltet, dann braucht man einen solchen Blütenstand nur etwas zu erschüttern, um sich von den daraus hervortretenden Pollenwolken zu überzeugen. Dieser gelbe Blütenstand ließe sich sicher sammeln, um damit andere Rübenblüten zu bestäuben, deren Befruchtung fragwürdig erscheint. Vielleicht genügt es auch schon in einzelnen Fällen, die Rübenpflanzen etwas zu schütteln, um eine sichere Befruchtung zu erwirken.

Ein weiteres Beispiel bietet der Obstbau. Es gibt manche Jahre, in denen ein Apfelbaum überhaupt nicht trägt, obwohl alle Voraussetzungen erfüllt sind. Meist liegt es daran, daß die Fremdbefruchtung ausgeblieben ist. Diese wird vorwiegend durch unsere Honigbiene besorgt. Sind keine Bienen da, dann kann zwar die Bestäubung durch andere Insekten oder auch durch den Wind erfolgen, sie wird jedoch nur mangelhaft sein. Deshalb bringt man zur Obstblüte gern die Bienenstöcke in die Nähe der Bäume. Man kann beobachten, daß der beste Fruchtansatz bei denjenigen Apfelbäumen zu verzeichnen ist, die in unmittelbarer Nähe des Bienenstandes wuchsen. Je weiter die Entfernung, um so geringer ist die Befruchtung. Manche Apfelbäume sind jedoch mit sich selbst unfruchtbar. Es genügt dann nicht, daß ein Baum mit der gleichen Sorte in der Nähe steht. Nur der Blütenstaub einer anderen Obstsorte kann hier zur Befruchtung führen. So wissen wir, daß der bekannte

Gravensteiner Apfel besonders dann eine gute Ernte bringt, wenn eine blühende Goldparmäne in der Nachbarschaft steht. Es gibt eine ganze Reihe von Obstsorten, die sich in dieser Weise gegenseitig beeinflussen und deren Ertrag von dem Vorhandensein einer bestimmten anderen Sorte abhängig ist.

Auch hier ist die Frage: Wie können wir diesen Zustand ändern? Es ist zu erwarten, daß durch leichtes Schütteln der Bäume und Zweige der Pollen aus den Staubgefäßen gelöst wird und sich langsam nach dem Boden senkt. Man muß demnach die oberen Zweige schütteln, damit die tiefer liegenden Blüten den Staub aufnehmen können. Bei Zwerg- oder Spindelobst läßt sich diese „künstliche" Befruchtung ziemlich leicht mit einem kleinen Pinsel vornehmen, wie man dies bei Kreuzungsversuchen verschiedener Sorten miteinander tut.

Im Gemüsebau ergeben sich die gleichen Probleme. Die Befruchtung der verschiedenen Beerensträucher kann in ähnlicher Weise von menschlicher Hand gesteuert werden, falls es notwendig erscheint. Auch bei Erdbeeren verspricht die Zusatzbestäubung besonderen Erfolg, da deren Fruchtansatz außerordentlich von der Witterung abhängig ist. Kürbis, Gurke, Bohne und Erbse sind einjährige Fremdbefruchter (Bienen, Hummeln, Schmetterlinge), während die Kohlarten, die Möhren, der Rettich als zweijährige Pflanzen erst in dem der Aussaat folgenden Jahre zur Blüte kommen. Als Nahrungsmittel ernten wir sie einjährig, zur Samengewinnung bleiben sie bis ins zweite Jahr stehen. Die gleichen Methoden lassen sich zweifellos auch hierbei in Anwendung bringen.

Wir haben nur eine kleine Anzahl von Beispielen angeführt, um zu zeigen, daß der Mensch durchaus in der Lage ist, in das Naturgeschehen einzugreifen und selbstgestaltend nach seinem Willen mitzuwirken. Die Natur bietet dem aufmerksamen Beobachter zweifellos noch viele und gute Beispiele. Wir müssen sie suchen. Die Erfolge sind noch nicht sehr groß. Die Wirtschaftlichkeit der dargestellten Methoden verspricht noch keinen hohen Ertrag. Das wird uns jedoch nur anspornen, unsere Bemühungen fortzusetzen. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß auf diesem Wege Möglichkeiten gefunden werden, die unsere Unabhängigkeit vom Wetter erzwingen, damit die Sicherung unserer Ernten gewährleistet wird.

WORTERKLÄRUNGEN

gr. = griechisch, lat. = lateinisch

anemogam (anemophil): windblütig, durch den Wind bestäubt (von gr. anemos = Wind, und gr. gamos = Heirat, Ehe; gr. philos = Freund).

Anpassung: Abstimmung der Lebewesen auf ihre Umwelt, die sich darin zeigt, daß Bau und Verhalten erhaltungsfördernd (zweckmäßig) sind, also den Anforderungen der Umwelt entsprechen.

Aristoteles: (384—322 v. u. Z.) griechischer Philosoph.

Befruchtung: Verschmelzung einer männlichen Geschlechtszelle (z. B. des Pollenkorns) mit einer weiblichen Geschlechtszelle (z. B. der Eizelle in der Samenanlage), wodurch die weibliche Zelle zur Entwicklung eines neuen Lebewesens (z. B. eines Samenkorns) veranlaßt wird.

Bestäubung: Übertragung des Pollens auf die Narbe, wodurch die Befruchtung eingeleitet wird.

Biologie: Wissenschaft von den Lebewesen (von gr. bios = Leben, und gr. logos = Lehre).

Camerarius, Rudolph Jacob: (1665—1721), deutscher Naturforscher, der in vielen Versuchen an zweihäusigen Pflanzen nachwies, daß auch bei Pflanzen zwei Geschlechter bestehen.

chiropterogam (chiropterophil): fledermausblütig, durch Fledermäuse bestäubt.

Darwin, Charles: (1809—1882) englischer Naturforscher. Er bewies, daß die heute lebenden Organismen im Laufe einer langdauernden Entwicklung aus einfacheren Formen hervorgegangen sind. Mit dem Sieg des Darwinismus setzte sich die Erkenntnis von der Veränderlichkeit der Pflanzenarten allgemein durch und wurde von den sowjetischen Biologen (Mitschurin, Lyssenko) für die Züchtung neuer Arten nutzbar gemacht.

Dipteren (Diptera): Zweiflügler (Fliegen und Mücken) (von gr. di = doppelt, und gr. pteron = Flügel).

entomogam (entomophil): insektenblütig, durch Insekten bestäubt (von gr. entomon = Insekt, und gr. gamos = Heirat, Ehe; gr. philos = Freund).

Fremdbestäubung: Bestäubung mit Pollen aus einer anderen Blüte derselben Pflanzenart.

Fruchtknoten: unterer, meist verdickter Teil des Stempels, der in seiner Höhlung die Samenanlagen enthält.

Gallen: Wucherungen, die durch einen tierischen Schmarotzer, meistens durch Insekten, an Pflanzen hervorgerufen werden.

Griffel: mittlerer, stielförmiger Teil des Stempels, der die Narbe trägt.

Honig: zuckerreiches Produkt, das durch Umwandlung und Wasserverdunstung aus Nektar entsteht.

Hymenopteren (Hymenoptera): Hautflügler (Blattwespen, Schlupfwespen, Ameisen, Bienen usw.) (von gr. hymen = Haut, Häutchen, und gr. pteron = Flügel).

Instinkt: angeborene Fähigkeit der Lebewesen, sich unter normalen Umweltbedingungen ohne vorausgehende Erfahrungen (Lernen) so zu verhalten, daß die Erhaltung der Art gesichert ist. Die Instinkte sind bedingt durch Besonderheiten des Baus und der Funktion des Zentralnervensystems (von lat. instinctus = Antrieb, Anreiz).

Kaprifikation: das Anbringen von Wildfeigen (Caprificus), die Feigenwespen enthalten, an den Zweigen der Edelfeigen, um deren Bestäubung durch die Feigenwespen zu sichern.

Larve: Jugendstadium eines Tieres, das sich vom fertigen Tier stark unterscheidet und meist auch eine andere Lebensweise führt.

Narbe: das meist klebrige und verdickte Ende des Griffels, das den Pollen aufnimmt.

Nektar: von den Pflanzen (besonders in den Blüten) erzeugter wäßriger, zuckerhaltiger Saft (von gr. nektar = Göttertrank).

Nektarium: Organ, das den Nektar ausscheidet.

ornithogam (ornithophil): vogelblütig, durch Vögel bestäubt (von gr. ornis = Vogel, und gr. gamos = Heirat, Ehe; gr. philos = Freund).

Papille: warzenförmige Erhebung (von lat. papilla = Brustwarze).

Parthenokarpie: Entstehen von Früchten ohne Befruchtung (von gr. parthenos = Jungfrau, und gr. karpoomai = Frucht bringen).

Pollen: aus sehr kleinen Körnchen (Pollenkörnern) bestehende staubartige Masse aus den Staubbeuteln der Blütenpflanze; die Pollenkörner sind die zur Befruchtung nötigen männlichen Geschlechtszellen.

Segge: (Ried, Riedgras, Liesch, Schneidgras, Sauergras.) Grasähnliche Stauden, meist auf feuchtem bis nassem Standort. Die Mehrzahl der sog. Sauergräser gehört dazu.

Selbstbestäubung: Bestäubung einer Narbe mit Pollen aus der eigenen Blüte.

Selektion: natürliche Auslese; führt in der Natur zur Erhaltung der zweckmäßig gebauten Organismen oder bei ungenügender Anpassungsfähigkeit zur Ausmerzung des Ungeeigneten. Durch den Züchter wird die Variabilität der Lebewesen planmäßig dazu benutzt, die Formen, die seinem Zuchtziel am nächsten kommen, auszulesen und zur Fortpflanzung zu bringen (von lat. selectio = Auswahl).

Staubbeutel: das den Pollen enthaltende Organ.

Stempel: das aus Fruchtknoten, Griffel und Narbe bestehende Organ, das nach der Bestäubung und Befruchtung zur Frucht wird.

Symbiose: das Zusammenleben verschiedenartiger Organismen, die sich gegenseitig ergänzen und eine Ernährungsgemeinschaft bilden (von gr. symbiosis = Zusammenleben).

Theophrast: (um 370—288 v. u. Z.) griechischer Philosoph und Naturwissenschaftler, Schüler des Platon und des Aristoteles.

Tracht: die Ausbeute, die die Biene in den Stock einträgt.

Umwelt: alles das, was auf die Lebewesen einwirkt: Klima, Boden, Luft, Nährstoffe, Wasser usw. (unbelebte Umweltfaktoren), Artgenossen, Schmarotzer, Krankheitserreger, Feinde, andere Organismen usw. (belebte Umweltfaktoren), vor allem auch der Mensch.

Umweltfaktoren: diejenigen Umweltbedingungen, die auf die Lebensprozesse unmittelbar einwirken (von lat. factor = Urheber; facere = machen, bewirken).

Variabilität: Veränderlichkeit von Formen und Eigenschaften bei Lebewesen; die Erscheinung, daß die Nachkommen durch Anpassung an die Umweltverhältnisse mehr oder weniger stark von den Eltern und vom durchschnittlichen Artbild abweichen können (von lat. variabilis = veränderlich).

zoogam (zoophil): tierblütig, durch Tiere bestäubt (von gr. zoon = lebendes Wesen, Tier, und gr. gamos = Heirat, Ehe; gr. philos = Freund).

UNSERE WELT

GRUPPE 2

Mathematik

Physik und Geophysik

Chemie

Biologie

Geographie und Geologie

Astronomie und Astrophysik

Aus der Geschichte der Naturwissenschaften

GRUPPE 3

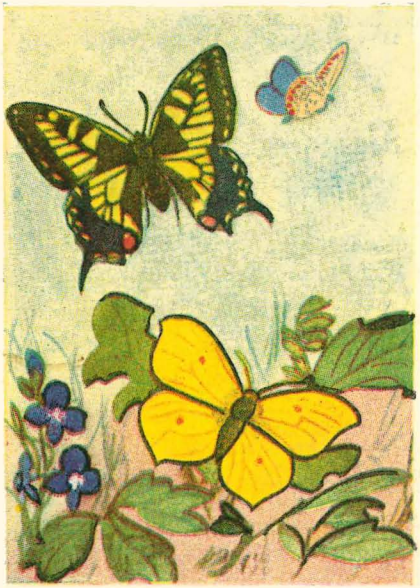
Wie wir uns nähren und kleiden

In Werkstatt und Betrieb

Mit Werkzeug und Maschine

Wir bauen Häuser, Dörfer, Städte

Auf Wegen, Straßen, Brücken

Wie der Mensch die Erde verändert

Aus der Geschichte der Arbeit und Technik