

## IV. Die Pflanze und das Wasser.

### 1. Die Bedeutung des Wassers für die Pflanze.

Bei dem Aufbau der Moleküle des Zuckers, der Stärke, des Zellstoffes, der Fette, Säuren und der eiweißartigen Verbindungen, also aller wichtigen Stoffe, aus denen die Pflanze besteht, haben sich die Atome des Wassers als Bausteine einzufügen, und es könnte ein Wachstum der Pflanze, eine Zunahme ihrer Masse, ohne Wasser gar nicht stattfinden. Von diesem Gesichtspunkt aus ist das Wasser so gut wie das Kohlendioxyd der Luft als ein unumgänglich notwendiger Nährstoff der Pflanze zu bezeichnen. Das Wasser spielt aber im Pflanzenleben auch noch eine andere wichtige Rolle. Die mineralischen Nährsalze, welche den Wasserpflanzen und Erdpflanzen, sowie die organischen Verbindungen, welche den Schmarogern als Nahrung dienen, können nur mit Hilfe des Wassers in die Pflanze aufgenommen werden. Sie können auch die Zellwand nur passieren, wenn diese mit Wasser getränkt ist, und sie können endlich im Inneren der Pflanze zu den Stellen des Verbrauches wieder nur durch Vermittelung des Wassers hingeführt werden. Bei diesen Arbeitsleistungen in der lebendigen Pflanze ist das Wasser als Betriebsmittel aufzufassen. So wie die Mühle am Bache nur so lange arbeitet, als ihre Räder durch das Wasser in Bewegung gesetzt werden, und sofort stillsteht, wenn das Wasser fehlt oder nicht mehr in genügender Menge zufließt, ebenso ist die Pflanze nur so lange arbeits- und leistungsfähig, als ihr die nötige Wassermenge zur Verfügung steht; die Ernährung, das Wachstum und die anderen Lebensvorgänge hören auf, sobald in den kleinen Werkstätten, die wir Zellen nennen, das nötige Nutzwasser ausbleibt. Dieses Nutzwasser oder Betriebswasser wird nicht chemisch gebunden gleich jenem, das als Nährstoff eintritt, und wird überhaupt nicht dauernd zurückbehalten. Man muß sich vielmehr vorstellen, daß die lebende Pflanze von ihm während der ganzen Vegetationszeit durchströmt wird. Im Lauf eines Sommers passieren Wassermengen durch jede lebende Pflanze, welche das Gewicht derselben um das Vielfache übertreffen. Im Vergleich zu dem Betriebswasser ist der Betrag desjenigen Wassers, welches in den organischen Verbindungen eines Pflanzenstockes chemisch gebunden wird, sehr gering, und es ist daher begreiflich, daß in einer Pflanze das Gewicht des Betriebswassers größer ist als sämtliche andere Stoffe zusammengenommen.

Da in trockener Luft das Betriebswasser aus den Pflanzen verdunstet, und da man es auch durch Alkohol und verschiedene andere Mittel leicht entziehen kann, so genügen sehr einfache Versuche, um sich von der großen Masse des Nutzwassers in jeder Pflanze eine

Vorstellung zu machen. Wenn man Beeren, fleischige Pilze, saftreiche Blätter und dergleichen in Alkohol legt, so zeigen sie nach kurzer Zeit kaum noch die Hälfte des Umfanges, den sie frisch besessen hatten. Manche gallertige Pilze (Tremellineen) enthalten 98 Proz. Wasser; ein Nostoc, welcher frisch 2,224 g wog, wog nach dem Austrocknen nur noch 0,126 g, enthielt daher lebend über 94 Proz. Wasser. Torfmoos, das frisch ein Gewicht von 25,067 g zeigte, besaß ausgetrocknet nur noch 2,535 g, enthielt daher 90 Proz. Wasser, und ähnlich verhält es sich auch mit saftreichen Blättern und Stengeln von Blütenpflanzen sowie mit den Früchten der Kürbisse und unzähliger anderer Gewächse. Verhältnismäßig am wenigsten Wasser enthalten ausgereifte Samen, feste, steinharte Samenschalen, Holz und Borke; aber auch für diese wurde immer noch ein mittlerer Gehalt von 10 Proz. an Wasser nachgewiesen. Man darf aus den mitgetheilten Wägungen wohl schließen, daß die meisten frischen Pflanzenteile nur zu einem Drittel aus Trockensubstanz, zu zwei Dritteln aber aus Betriebswasser, das beim Austrocknen in Dampfform in die umgebende Luft übergeht, bestehen.

Aus alledem geht aber hervor, daß den Pflanzen das Wasser unbedingt notwendig, daß es als Transportmittel mineralischer und organischer Stoffe unentbehrlich, und daß das Bedürfnis aller Pflanzen nach Wasser ein sehr großes ist. Weiter aber läßt sich auch noch folgern, daß die Zufuhr und Abfuhr desselben pünktlich geregelt sein muß, wenn nicht die Ernährung gestört und die Entwicklung gehindert sein soll.

Am einfachsten ist die Wasseraufnahme jedenfalls bei den Wasserpflanzen. Sie fällt hier mit der Aufnahme der anderen Nährstoffe zusammen, und es ist daher den schon früher gemachten Mitteilungen (S. 65) auch nichts Wesentliches beizufügen.

In betreff der Erdpflanzen und Epiphyten kann insofern, als diese das Wasser zugleich mit den Nährsalzen durch Saugzellen aus der Unterlage, der sie anhaften, und dem Boden, in welchem sie wurzeln, aufsaugen, gleichfalls auf schon Gesagtes (vgl. S. 71 ff.) verwiesen werden. Ehe wir uns mit der Bewegung des durch die Wurzeln aufgenommenen Wassers in der Pflanze befassen, mögen noch einige besondere Fälle geschildert werden, in denen die Aufnahme des Wassers auch aus der Atmosphäre geschehen kann.

## 2. Die Vorrichtungen zur regelmäßigen Aufnahme von Wasser aus der Luft durch wasserabsorbierende Organe.

Man kann die Gewächse, welche das Wasser unvermittelt aus der Atmosphäre aufnehmen, mit Rücksicht auf die Einrichtungen, durch welche sie hierzu befähigt werden, in mehrere Gruppen zusammenstellen. Unter allen Pflanzen sind die Flechten am meisten auf das atmosphärische Wasser angewiesen. Viele derselben, zumal die Bartflechten, die von abgedorrten Baumzweigen herabhängen, ebenso die Gallert-, Krusten- und Strauchflechten, welche an Felsklippen und Steinblöcken haften, decken in der That ihren ganzen Wasserbedarf aus der Atmosphäre, und zwar nicht nur durch Aufnahme von flüssigem, sondern auch von dunstförmigem Wasser, was besonders für jene Arten, die an einschüssigen Felsen und an der unteren Seite überhängender Steinplatten vorkommen, von größter Wichtigkeit ist. Zu solchen Stellen können Regen und Tau nicht direkt, sondern nur dadurch hingelangen, daß sich etwas Wasser von den oberen und seitlichen benetzten Flächen der

Felsen an die einschüssige Wand hinabzieht, was nur selten der Fall ist. Die an solchen Stellen vorkommenden Flechten leben daher fast ausschließlich von dem Wasser, welches dunstförmig in der Luft enthalten ist.

Es sind aber die Flechten auch vorzüglich geeignet, dunstförmiges Wasser aus der Luft zu absorbieren. An der Luft trocken gewordene lebende Flechten nehmen, in dunstgesättigten Raum gebracht, innerhalb zweier Tage 35 und nach sechs Tagen bis zu 56 Prozent Wasser auf. Tropfbarflüssiges Wasser wird natürlich noch viel rascher aufgenommen. Die nach lang anhaltendem trockenem Wetter becherförmig aufgestülpten Gyrophoren, von einfallendem Regen benetzt, schwellen binnen zehn Minuten an, breiten sich flächenförmig über die Felsblöcke aus und haben in diesem kurzen Zeitraume 50 Prozent Wasser aufgesogen. Freilich gilt dann auch „Wie gewonnen, so zerronnen“. Tritt trockene Witterung ein, so geht das Verdampfen des Wassers aus dem Flechtentkörper ebenso rasch vonstatten wie früher das Aufsaugen, und die Flechten der Tundra, welche, vom Regen benetzt, einen weichen, schwellenden Teppich bilden, können im Sonnenschein in wenigen Stunden so stark austrocknen, daß sie unter dem Fußtritte wie dürres Gestrüpp splintern und bei jedem Schritte, den man über die Tundra macht, ein knirschendes Geräusch hörbar wird.

Durch die Fähigkeit, das Wasser der Atmosphäre aufzunehmen, sind Laub- und Lebermoose am meisten bemerkenswert, und zwar vorzüglich diejenigen, welche sich an der Borke von Baumstämmen und an den Flächen der Felsen angesiedelt haben, z. B. *Frullania dilatata* und *Radula complanata*, und dort, häufig mit Flechten durchspickt und verwoben, teppichartige Überzüge bilden. Gleich den Flechten können diese Laub- und Lebermoose wochenlang ausgetrocknet wie tot verharren, sogleich aber ihre Lebenstätigkeit fortsetzen, wenn ihnen Regen und Tau zugeführt wurden, oder wenn die Luft durch Nebelbildung so feucht ist, daß aus dieser der Bedarf an dem nötigen Betriebswasser gedeckt werden kann. Manche Lebermoose, die an der Oberfläche Luftkammern mit chlorophyllhaltigen Zellreihen tragen, wie die *Marchantia*-Arten, sind zwar nicht benetzbar und beziehen ihr Wasser durch zahlreiche Rhizoiden. Dafür sind aber die meisten anderen Lebermoose mit Einrichtungen versehen, das Wasser festzuhalten. Durch umgebogene Blattanhänge, Öhrchen genannt, durch schuppenförmige Nebenblätter oder *Amphigastrien* und durch sackartige Anhänge entstehen Räume, in denen Tau oder Regenwasser kapillar festgehalten wird. Viele Moose absorbieren das Wasser mit der ganzen Oberfläche ihrer Blättchen, andere, wie z. B. die an den Schieferfelsen haftenden grauen Steinmoose (*Racomitrien* und *Grimmien*), vorzüglich mit den lang ausgezogenen haarförmigen Zellen an der Spitze der Blättchen, wieder andere nur mit den Zellen an der oberen schalen- oder rinnenförmigen Blattseite. Das mit weichen Rasen die Kalkblöcke überziehende Moos *Hypnum molluscum*, nach einer regenlosen Woche vom trockenen Felsen abgelöst und in dunstgesättigten Raum gebracht, hatte dort nach zwei Tagen 20, nach sechs Tagen 38 und nach zehn Tagen 44 Prozent Wasser aus der Luft aufgenommen.

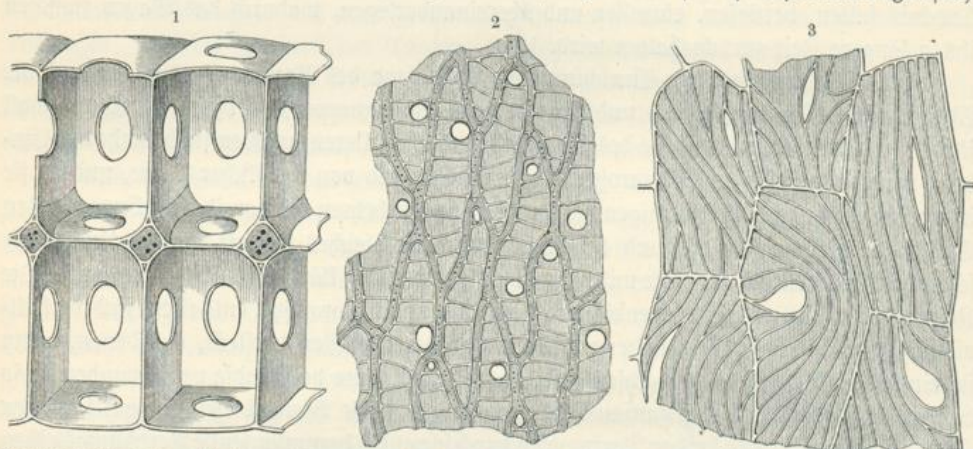
Bei einigen Bartmoosen (*Barbula aloides*, *rigida* und *ambigua*) finden sich auf der oberen Blattseite dicht zusammengedrängte, senkrecht auf der Blattfläche stehende Ketten von tonnenförmigen Zellen, die dem freien Auge als ein schwammiger, dunkelgrüner Wulst erscheinen. Die letzten Zellen dieser kurzen, perlschnurförmigen Ketten sind an ihrer nach oben gekehrten Wand stark verdickt, die anderen Zellen aber sind sehr dünnwandig und nehmen rasch Wasser auf. Ähnlich verhält es sich mit den Widertonmoosen (*Polytrichum*-Arten);

an ihrer oberen Blattseite finden sich parallele Längsleisten, die bei Benetzung das Wasser kapillar festhalten und mit ihren dünnwandigen Zellen leicht aufnehmen. Eine wichtige Rolle spielen bei diesen Vorgängen auch die Rhizoiden, jene braun gefärbten, langgestreckten, dünnwandigen Zellen, welche, gewöhnlich dicht verfilzt, die Stengel mancher Moose ganz einhüllen, auch an der unteren Blattseite angetroffen werden und bei einigen tropischen Arten sonderbarerweise auch an der Spitze der Blättchen in Gestalt kleiner Büschel erscheinen. Dieser Rhizoidensfilz kommt mit dem Erdreiche, den Felsen oder der Borke häufig gar nicht in Berührung, wird nur von Luft umspült und vermag den Tau wie ein Tuchlappen oder wie Löschpapier aufzusaugen. Bei trockenem Wetter verlieren zwar die Moose das Wasser, ähnlich wie die Flechten, aber die Abgabe erfolgt hier doch weit langsamer, was vorzüglich dadurch bedingt ist, daß sich die Moosblättchen bei beginnender Trockenheit falten, vertiefen, einrollen und übereinanderlegen, wodurch das Wasser zwischen ihnen längere Zeit zurückgehalten wird.

Eine sehr merkwürdige Einrichtung zur Aufnahme des Regenwassers zeigen auch die Weißmoose (*Leucobryaceae*) und Torfmoose (*Sphagnaceae*). Obwohl sie Chlorophyll führen und unter dem Einflusse des Sonnenlichtes assimilieren, machen sie beinahe den Eindruck von chlorophyllosen Scharogerpflanzen. Sie sind von weißlicher Farbe, und da sie immer in großen, polsterförmigen Rasen wachsen, entbehren die von ihnen überwucherten Stellen des frischen Grüns und heben sich durch ihr bleiches Kolorit von der Umgebung schon von fern deutlich ab. Die mikroskopische Untersuchung klärt diese Erscheinung auf. Die Zellen, deren Protoplasten lebendig und tätig sind und Chlorophyll enthalten, sind verhältnismäßig klein und zwischen anderen vielmals größeren Zellen versteckt, aus denen, wenn sie einmal vollständig ausgewachsen sind, das Protoplasma vollständig verschwunden ist, so daß sie die bleiche Farbe der ganzen Pflanze bedingen. Die Wand dieser großen, farblosen Zellen ist sehr dünn und bei den Torfmoosen durch schraubig herumlaufende Verdickungsleisten ausgespannt und gegen das Zusammenfallen gesichert. Wenn sie sich einige Zeit in trockener Umgebung befanden, sind sie nur mit Luft erfüllt; befeuchtet füllen sie sich im Augenblick mit Wasser an. Wäre im Inneren ein saugender Protoplast tätig, so könnte bei der Zartheit der Zellwand das Wasser wie bei anderen Moosen durch diese leicht benetzbare Wand hindurch in den Zellraum gelangen. Die Luft, welche die Zellen erfüllt, wirkt aber nicht saugend, und das Wasser gelangt bei den Weißmoosen und Torfmoosen auch nicht infolge chemischer Affinität des Zellinhaltes, sondern durch Kapillarwirkung in das Innere der Zellen.

Dieses ungemein rasche Eindringen von Wasser in einen luftgefüllten Raum läßt nun freilich voraussetzen, daß sich in der Wand jeder Zelle mehrere Poren befinden, und daß in dem Maße, als durch eine der kleinen Öffnungen Wasser eindringt, durch eine andere die Luft ebenso rasch entweichen muß. Und so ist es auch. Die großen Zellen sind nicht nur an ihren Außenwandungen, sondern auch unter sich durch Poren in Verbindung, und das Wasser dringt wie in einen Badeschwamm von der einen Seite ein, während zugleich die Luft an der anderen Seite hinausgedrängt wird. Sehr zierlich nimmt sich diese Saugvorrichtung bei dem in manchen Wäldern an trockenen Stellen häufigen Weißmoose (*Leucobryum*) aus. Hier sind, wie die Abbildung, S. 158, Fig. 1, zeigt, die benachbarten prismatischen Zellen durch sehr regelmäßige, kreisrunde, die Mitte der Grenzwand durchbrechende Löcher miteinander verbunden, während bei den Torfmoosen (*Sphagnum*) die Löcher weniger regelmäßig, bald dort, bald da an den Zellwänden zwischen den Verdickungsleisten

sichtbar werden (s. untenstehende Abbildung, Fig. 2). Diese porösen Zellgruppen besitzen nun bei den Weißmoosen nicht nur die Fähigkeit, tropfbar-flüssiges Wasser rasch aufzunehmen, sondern auch festzuhalten. Bei den Torfmoosen dagegen geben sie es sehr leicht wieder ab; da die Sphagnum-Arten aber meistens in Wasserlachen der Moore wachsen, so saugen sie dadurch um so mehr das Wasser aus dem Untergrund nach oben und bleiben immer naß. Daß die früher erwähnten chlorophyllhaltigen Zellen, die zwischen den großen, durchlöcherichten Zellen eingebettet liegen, das von diesen letzteren gewonnene Wasser aufnehmen, oder, vielleicht besser gesagt, daß die großen, durchlöcherichten Zellen das Wasser für diese grünen, lebendigen Zellen aufsaugen, bedarf wohl keiner näheren Begründung. Aber mit dem Wasser werden ihnen auch die Nährsalze zugeführt, und da das Wasser der Moore sehr arm an Salzen ist, so wird die ausgiebige Verdunstung der Torfmoose besonders begreiflich.



Poröse Zellen: 1 vom Weißmoos (*Leucobryum*), 550fach vergrößert, 2 vom Torfmoos (*Sphagnum*), 230fach vergrößert, 3 von einer Orchideenwurzel (*Laelia gracilis*), 310fach vergrößert. (Zu S. 157–159.)

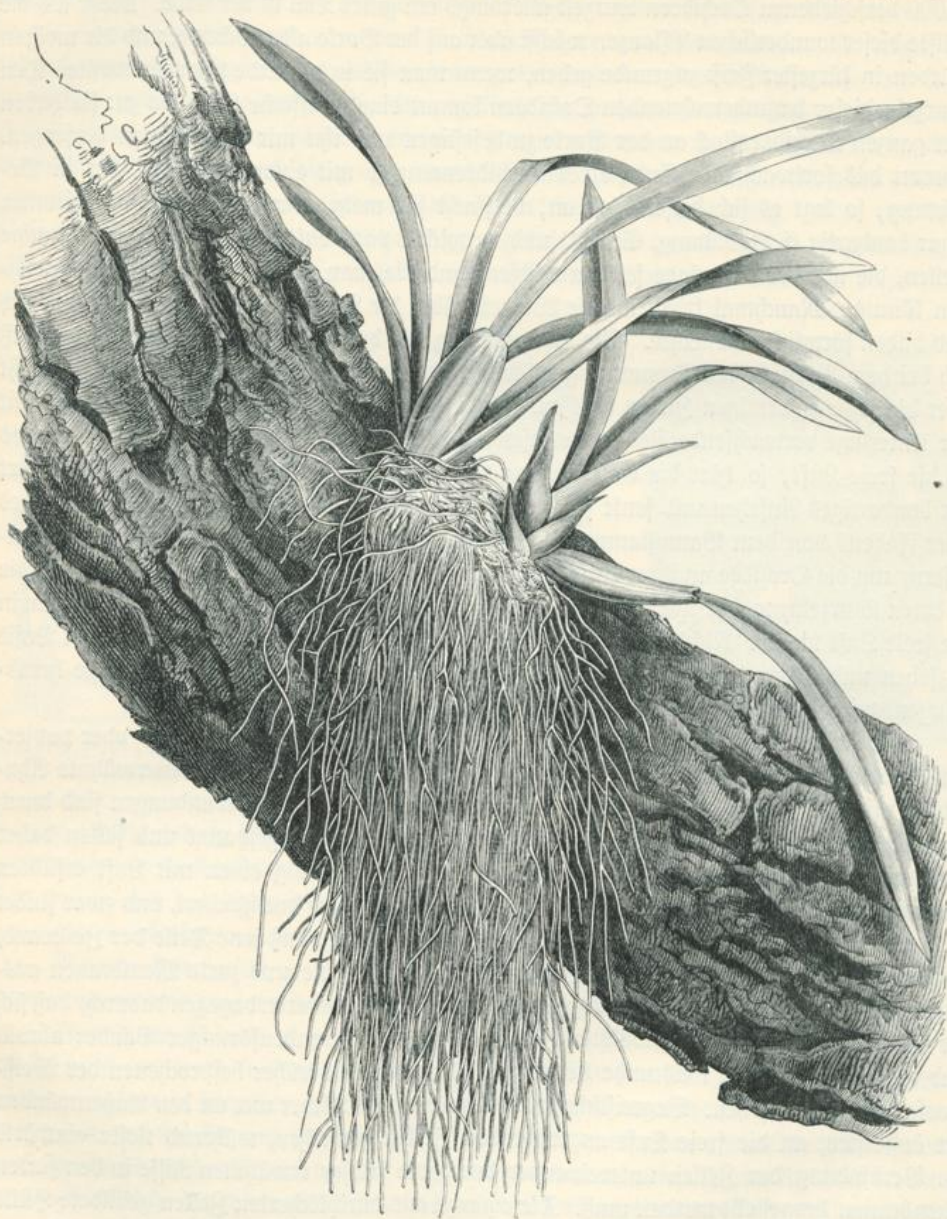
So viel scheint gewiß, daß die großen, porösen Zellen im luftgefüllten Zustand ein Schutzmittel gegen zu weit gehendes Vertrocknen der kleinen, lebendigen Zellen und dann auch ein Schutzmittel für das Chlorophyll der kleinen Zellen abgeben, auf welchen Umstand später noch mehr zurückgekommen werden soll.

Mehrere Farnwedel, z. B. jene von *Polypodium vulgare*, *Asplenium Trichomanes*, *Ruta muraria* und *septentrionale*, rollen ihre Lappen nach lange anhaltender Trockenheit der Luft und des Bodens ein oder schlagen die Ränder zurück, drehen und falten sich, so daß sie nicht nur welk, sondern vollständig abgestorben zu sein scheinen. Bei Regenwetter nehmen sie aber in kürzester Zeit Wasser auf, ihre Zellen werden wieder prall, die Falten glätten sich, und die Lappen sowie die Spindel der Wedel erhalten wieder die Stellung und Lage, welche sie vor der Trockenperiode eingenommen hatten. Diese Farnwedel sind an ihrer ganzen Oberfläche benetzbar und können mit allen Oberhautzellen tropfbar-flüssiges Wasser aufnehmen, ja, es ist sogar nachgewiesen, daß sie im trockenen Zustand, ähnlich wie die Moose, aus der feuchten Luft Wasserdampf absorbieren. Bei anderen Farnen sind die Wedel nur an bestimmten Stellen benetzbar, dementsprechend auch die Wasseraufnahme beschränkter ist. So wird z. B. bei *Aspidium Lonchites* und *Blechnum Spicant* das Wasser nur durch jene Teile der Oberhaut aufgenommen, welche über den Gefäßbündeln liegen.

Einige Ähnlichkeit mit den Weißmoosen und Torfmoosen zeigen in betreff der Wasseraufnahme auch mehrere Aroideen und Orchideen. Von den bisher bekanntgewordenen 10000 verschiedenen Orchideen wurzelt allerdings ein guter Teil in der Erde. Mehr als die Hälfte dieser wunderlichen Pflanzen wächst aber auf der Borke alter Bäume, und die meisten würden in kürzester Frist zugrunde gehen, wenn man sie in die Erde pflanzen wollte. Den Wurzeln dieser baumbewohnenden Orchideen kommt eine zweifache Aufgabe zu: sie haben den ganzen Orchideenstock an der Borke zu befestigen und ihn mit Nahrung zu versorgen. Kommt das fortwachsende Ende einer Orchideenwurzel mit einem festen Körper in Berührung, so legt es sich diesem fest an, verflacht sich mehr oder weniger, wird mitunter sogar handartig (s. Abbildung, S. 341) und entwickelt papillenförmige oder schlauchförmige Zellen, die mit der Unterlage fest verwachsen, und die man füglich als Haftzellen bezeichnen könnte. Manchmal kriechen diese Wurzeln über die Borke hin, teilen sich, kreuzen sich und bilden förmliche Geslechte. Die Verwachsung mit der Unterlage ist eine so innige, daß sich bei dem Versuche der Trennung gewöhnlich die oberflächlichsten Teile der Borke, nicht aber die schlauchförmigen Zellen ablösen. Gelangt nun eine Wurzel, welche derartige mit der Unterlage verwachsene Zellen ausgesandt hatte, über den Rand der Unterlage hinaus in die freie Luft, so hört die Entwicklung von Haftzellen sofort auf; die Wurzel verliert ihr handartiges Ansehen und senkt sich in Gestalt eines wellig gebogenen, weißen Stranges oder Fadens von dem Baumstamme herab. In der Regel genügen einige wenige Wurzelfasern, um die Orchidee an ihrer Unterlage, der Borke des Baumes, zu befestigen, und die anderen Wurzeln, welche noch von der Pflanze ausgehen, wachsen gleich vom Anfang an in die freie Luft hinein. Nicht selten sind sie in großer Zahl zusammengedrängt an der Basis zu sehen und bilden dann förmliche Mähnen, die von der dunkeln Borke der Äste herabhängen, wie das an der Abbildung eines *Oncidium* auf S. 160 zu sehen ist.

Jede dieser Luftwurzeln ist nach außen zu mit einer weißen, pergament- oder papierartigen Hülle umgeben, und die Zellen dieser Hülle sind es, welche die obenerwähnte Ähnlichkeit mit den Zellen der Weißmoose und Torfmoose haben. Ihre Wandungen sind durch schmale, leistenförmige, schraubig verlaufende Verdickungen ausgespannt und fallen daher trotz ihrer Zartheit und trotz des Umstandes, daß sie zeitweilig einen mit Luft erfüllten Raum umschließen, nicht zusammen; sie sind aber auch vielfach durchlöchert, und zwar findet man Löcher von zweierlei Art. Die einen entstehen dadurch, daß jene Teile der Zellwand, welche zwischen den rippenartigen Leisten als äußerst dünne und zarte Membranen ausgespannt sind, zerreißen (s. Abbildung, S. 158, Fig. 3), die anderen dagegen dadurch, daß sich die Haut papillenartig vorgewölbter Zellen in Gestalt schraubenförmiger Bänder abrollt und ablöst, wobei dann kreisrunde Löcher entstehen, die den früher besprochenen der Weißmoose sehr ähnlich sehen. Begreiflicherweise können diese Löcher nur an den Außenwänden der äußersten, an die freie Luft angrenzenden Zellen entstehen, während tiefer einwärts die Verbindung der Zellen untereinander durch die früher erwähnten Risse in den zarten Membranen hergestellt werden muß. Diese ganze aus durchlöchernten Zellen gebildete Hülle der Luftwurzeln (das Velamen) aber hat das Ansehen eines Badeschwammes und wirkt auch wie ein solcher. Kommt sie mit tropfbar-flüssigem Wasser in Berührung, wird sie insbesondere von atmosphärischen Niederschlägen genetzt, so saugt sie sich augenblicklich voll Wasser. Die tieferliegenden lebendigen, grünen Zellen der Wurzel sind dann von einer wasserstrogenden Hülle umgeben und können aus dieser auch leicht die nötige Menge von Wasser gewinnen.

Aber auch die Fähigkeit, Wasser in Nebelform anzuziehen, kommt diesen Wurzelhüllen zu. Die Luftwurzeln von *Oncidium sphacelatum*, aus trockener in feuchte Luft



Luftwurzeln einer auf der Borke eines Baumastes angehefteten Orchidee. (Zu S. 159.)

gebracht, nehmen innerhalb 24 Stunden etwas über 8 Prozent ihres Gewichtes an Wasser auf, die des *Epidendrum elongatum* 11 Prozent, und bei manchen anderen tropischen Orchideen ist diese Aufnahme gewiß noch viel bedeutender.







Tropische Scheinschmarözer (Ceylon).  
Nach Aquarell von H. v. Königsbrunn.

Diese Fähigkeit, atmosphärische Niederschläge unmittelbar aufzunehmen, ist für die Pflanzen von größter Wichtigkeit. Die feuchte Baumrinne, welche ihnen zur Unterlage dient, und an die sie nur mit einigen Fasern festgeklammert sind, ist keineswegs eine nachhaltige Wasserquelle. Ihr Wasservorrat stammt nicht aus dem Inneren des Baumstammes, eigentlich aus dem Erdreich, in welchem der Baumstamm wurzelt, sondern aus der Atmosphäre, unterliegt daher für die auf der Rinne wachsenden Epiphyten sehr großem Wechsel. Wenn aber bei sehr gleichmäßiger Lufttemperatur längere Zeit hindurch atmosphärische Niederschläge ausbleiben, was in der Heimat dieser hier in Rede stehender Orchideen regelmäßig der Fall ist, so bleibt als einzige Wasserquelle das Wasser übrig, welches die Wurzeln während der feuchten Zeitspanne durch das diese Organe umhüllende poröse Gewebe haben aufspeichern können. Für den Fall, daß auch die Luft, welche die Orchideenblöde umgibt, zeitweilig nur sehr wenig Feuchtigkeit enthält, trocknet allerdings das poröse Gewebe rasch wieder aus; seine Zellen füllen sich mit Luft, ihre Funktion als Wasserfänger ist unterbrochen; dann aber bilden diese luftgefüllten Zellschichten wieder ein Schutzmittel gegen zu weitgehende Verdunstung der tieferen Gewebeschichten der Wurzel, die bei solchen Pflanzen sehr gefährlich werden könnte. Es ist ein weitverbreitetes Vorurteil, daß die tropischen Orchideen in einer stetig feuchten Atmosphäre im schattigen Dunkel des Urwaldes wachsen, und dieses Vorurteil wird besonders genährt durch Abbildungen tropischer Orchideen, welche diese Gewächse als Bewohner der dunkelsten Waldstellen erscheinen lassen. In Wirklichkeit sind die meisten Orchideen der Tropen Kinder des Lichtes. Sie gedeihen am besten an sonnigen Plätzen in offener Landschaft, wie sie die beigeheftete Tafel „Tropische Scheinwurzler“ aus der Nähe des Adamspiss auf Ceylon zeigt. Besonders jene Arten, deren Luftwurzeln mit einer porösen, biden, weißen, papierartigen Hülle umgeben sind, gehören solchen Gegenden an, wo sich alljährlich regelmäßig eine längere Trockenperiode einstellt, und wo infolgedessen, gerade so wie in den kühleren Zonen durch die Kälteperiode des Winters, die Tätigkeit der Vegetation eine zeitweilige Unterbrechung erfährt. Daß die Hülle der Luftwurzeln bei den Orchideen die Vertrocknung hindert, geht aus Versuchen hervor, welche von Goebel mit *Epidendrum nocturnum* angestellt wurden. Luftwurzeln, bei denen unter Vorichtsmaßregeln die Hüllen entfernt wurden, verloren in 24 Stunden etwa 20 Prozent Wasser, während umhüllte Wurzeln nur 7 Prozent einbüßten. Befreit man die Wurzelhüllen durch das Zerdrücken möglichst vom Wasser, so können sie bei einer Benetzung mit 90 Prozent des Volumens an Wasser aufsaugen, in der That ein Zeugnis für ihre Verlangsamtheit: Wenn man die Wurzelhüllen ganz mit Wasser sättigt, ändern sie ihre weiße Farbe nicht, Luft im Inneren wird Wasser verdrängt und nur das geringe Luolumen, welches zwischen den einzelnen Geweben bleibt, weiß, sie sind für Wasser undurchlässig und lassen sich ab dem Zeitpunkt an den Sauerstoff durchlässig bleiben.

Die Orchideen, welche im Tropengebiet im Sommer eine Trockenzeit haben, können sich nicht leicht absterben, wenn die Wurzeln der Luftwurzeln in der Trockenperiode verrotten, weil die Hülle den Schweiß gegen zu weitgehende Verdunstung der lebendigen Zellen in der Wurzel, und in der feuchten Periode wird durch diese Hülle dafür gesorgt, daß die Wurzeln unmittelbar die nötige Wassermenge aufnehmen können. In diesem Sinne ist die Hülle gewissermaßen das feuchte Erdreich, oder mit anderen Worten, der lebendige Teil der Luftwurzel steckt in dieser wasserhaltigen Hülle wie die Wurzelstängel der Erdpflanzen in der feuchten Erde. Ganz eigentümlich ist auch



Tropische Scheinamaroßer (Ceylon).  
Nach Aquarell von H. v. Königsbrunn.

Diese Fähigkeit, atmosphärische Niederschläge unmittelbar aufzunehmen, ist für die Pflanzen von größter Wichtigkeit. Die feuchte Banmborke, welche ihnen zur Unterlage dient, und an die sie nur mit einigen Fasern festgeklammert sind, ist keineswegs eine nachhaltige Wasserquelle. Ihr Wasservorrat stammt nicht aus dem Inneren des Baumstammes, eigentlich aus dem Erdreich, in welchem der Baumstamm wurzelt, sondern aus der Atmosphäre, unterliegt daher für die auf der Borke wachsenden Epiphyten sehr großem Wechsel. Wenn aber bei sehr gleichmäßiger Lufttemperatur längere Zeit hindurch atmosphärische Niederschläge ausbleiben, was in der Heimat vieler hier in Rede stehender Orchideen regelmäßig der Fall ist, so bleibt als einzige Wasserquelle das Wasser übrig, welches die Wurzeln während der feuchten Zeitspanne durch das diese Organe umhüllende poröse Gewebe haben aufspeichern können. Für den Fall, daß auch die Luft, welche die Orchideenstöcke umgibt, zeitweilig nur sehr wenig Feuchtigkeit enthält, trocknet allerdings das poröse Gewebe rasch wieder aus; seine Zellen füllen sich mit Luft, ihre Funktion als Wasserfauger ist unterbrochen; dann aber bilden diese luftgefüllten Zellschichten wieder ein Schutzmittel gegen zu weitgehende Verdunstung der tieferen Gewebeschichten der Wurzel, die bei solchen Pflanzen sehr gefährlich werden könnte. Es ist ein weitverbreitetes Vorurteil, daß die tropischen Orchideen in einer stetig feuchten Atmosphäre im schattigen Dunkel des Urwaldes wachsen, und dieses Vorurteil wird besonders genährt durch Abbildungen tropischer Orchideen, welche diese Gewächse als Bewohner der dunkelsten Waldesstellen erscheinen lassen. In Wirklichkeit sind die meisten Orchideen der Tropen Kinder des Lichtes. Sie gedeihen am besten an sonnigen Plätzen in offener Landschaft, wie sie die beigeheftete Tafel „Tropische Schein-schmarotzer“ aus der Nähe des Adamspicks auf Ceylon zeigt. Besonders jene Arten, deren Luftwurzeln mit einer porösen, biden, weißen, papierartigen Hülle umgeben sind, gehören solchen Gegenden an, wo sich alljährlich regelmäßig eine längere Trockenperiode einstellt, und wo infolgedessen, gerade so wie in den rauheren Zonen durch die Kälteperiode des Winters, die Tätigkeit der Vegetation eine zeitweilige Unterbrechung erfährt. Daß die Hülle der Luftwurzeln bei den Orchideen die Vertrocknung hindert, geht aus Bogenzügen hervor, welche von Goebel mit *Epidendrum nocturnum* angefertigt wurden. Luftwurzeln, bei denen unter Vorsichtsmaßregeln die Hüllen entfernt wurden, verloren in 24 Stunden etwa 20 Prozent Wasser, während umhüllte Wurzeln nur 7 Prozent einbüßten. Befreit man die Wurzelhüllen durch Umschütteln möglichst vom Wasser, so können sie bei einer Benetzung mit bis 80 Prozent ihres Gewichtes an Wasser aufsaugen, in der Tat ein Zeugnis für ihre Leistungsfähigkeit. Wenn die Wurzelhüllen ganz mit Wasser sättigen, ändern sie ihre weiße Farbe in eine gelbe, Luft im Inneren durch Wasser verdrängt wird und nun das grüne Parenchym durchdringt. Nur einzelne Gewebe bleiben weiß, sie sind für Wasser undurchlässig und sollen sobald dem Durchgang für den Atmungsauerstoff dienbar bleiben.

Die Epiphyten, welche in Tropenländern im Winter ihre Heimat haben, kann man sich nicht leicht ohne weihnächtigeren Bau der Wurzeln denken. In der Trockenperiode besteht die poröse Hülle den Schutz gegen zu weitgehende Verdunstung der lebendigen Zellen im Inneren der Wurzel, und in der feuchten Periode wird durch diese Hülle dafür gesorgt, daß die Zellen ununterbrochen die nötige Wassermenge zugeführt wird. In diesem Sinn ist die poröse Schicht gewissermaßen das feuchte Erdreich, oder mit anderen Worten, der lebendige Teil der Luftwurzel steckt in dieser wassergetränkten Hülle wie die Wurzelfaser der Erdpflanze in der feuchten Erde. Ganz eigentümlich ist die

[Zur Tafel: »Tropische Scheinschmarotzer (Ceylon)«.]



Tropische Scheinschmarotzer (Ceylon).

1. *Saccolobium guttatum*. — 2. *Dendrobium nobile*. — 3. *Phajus Wallichii*.

Diese Fähigkeit, atmosphärische Niederschläge unmittelbar aufzunehmen, ist für die Pflanzen von größter Wichtigkeit. Die feuchte Baumborke, welche ihnen zur Unterlage dient, und an die sie nur mit einigen Fasern festgeklammert sind, ist keineswegs eine nachhaltige Wasserquelle. Ihr Wasservorrat stammt nicht aus dem Inneren des Baumstammes, eigentlich aus dem Erdreich, in welchem der Baumstamm wurzelt, sondern aus der Atmosphäre, unterliegt daher für die auf der Borke wachsenden Epiphyten sehr großem Wechsel. Wenn aber bei sehr gleichmäßiger Lufttemperatur längere Zeit hindurch atmosphärische Niederschläge ausbleiben, was in der Heimat vieler hier in Rede stehender Orchideen regelmäßig der Fall ist, so bleibt als einzige Wasserquelle das Wasser übrig, welches die Wurzeln während der feuchten Zeitspanne durch das diese Organe umhüllende poröse Gewebe haben aufspeichern können. Für den Fall, daß auch die Luft, welche die Orchideenstöcke umgibt, zeitweilig nur sehr wenig Feuchtigkeit enthält, trocknet allerdings das poröse Gewebe rasch wieder aus; seine Zellen füllen sich mit Luft, ihre Funktion als Wasserjauger ist unterbrochen; dann aber bilden diese luftgefüllten Zellschichten wieder ein Schutzmittel gegen zu weitgehende Verdunstung der tieferen Gewebeschichten der Wurzel, die bei solchen Pflanzen sehr gefährlich werden könnte. Es ist ein weitverbreitetes Vorurteil, daß die tropischen Orchideen in einer stetig feuchten Atmosphäre im schattigen Dunkel des Urwaldes wachsen, und dieses Vorurteil wird besonders genährt durch Abbildungen tropischer Orchideen, welche diese Gewächse als Bewohner der dunkelsten Waldesstellen erscheinen lassen. In Wirklichkeit sind die meisten Orchideen der Tropen Kinder des Lichtes. Sie gedeihen am besten an sonnigen Plätzen in offener Landschaft, wie sie die beigeheftete Tafel „Tropische Schein-schmaroger“ aus der Nähe des Adamspiks auf Ceylon zeigt. Besonders jene Arten, deren Luftwurzeln mit einer porösen, dicken, weißen, papierartigen Hülle umgeben sind, gehören solchen Gegenden an, wo sich alljährlich regelmäßig eine längere Trockenperiode einstellt, und wo infolgedessen, gerade so wie in den rauheren Zonen durch die Kälteperiode des Winters, die Tätigkeit der Vegetation eine zeitweilige Unterbrechung erfährt. Daß die Hülle der Luftwurzeln bei den Orchideen die Vertrocknung hindert, geht aus Wägungen hervor, welche von Goebel mit *Epidendrum nocturnum* angestellt wurden. Luftwurzeln, bei denen unter Vorsichtsmaßregeln die Hüllen entfernt wurden, verloren in 24 Stunden etwa 20 Prozent Wasser, während umhüllte Wurzeln nur 7 Prozent einbüßten. Befreit man die Wurzelhüllen durch Austrocknenlassen möglichst vom Wasser, so können sie bei einer Benetzung 44 bis 80 Prozent ihres Gewichtes an Wasser auffaugen, in der Tat ein Zeugnis für ihre Leistungsfähigkeit. Wenn sich die Wurzelhüllen ganz mit Wasser sättigen, ändern sie ihre weiße Farbe, da die Luft im Belamen durch Wasser verdrängt wird und nun das grüne Parenchym durchschimmert. Nur einzelne Streifen bleiben weiß, sie sind für Wasser undurchlässig und sollen offenbar dem Durchgang für den Atemungsauerstoff dienstbar bleiben.

Für Epiphyten, welche in Tropengegenden mit einer Trockenzeit ihre Heimat haben, kann man sich nicht leicht einen zweckmäßigeren Bau der Wurzeln denken. In der Trockenperiode verstärkt die papierartige Hülle den Schutz gegen zu weitgehende Verdunstung der lebendigen Zellen im Inneren der Wurzel, und in der feuchten Periode wird durch diese Hülle dafür gesorgt, daß den inneren Zellen ununterbrochen die nötige Wassermenge zugeführt wird. In diesem Sinn ersetzt die poröse Schicht gewissermaßen das feuchte Erdreich, oder mit anderen Worten, der lebendige Teil der Luftwurzel steckt in dieser wassergetränkten Hülle wie die Wurzelfaser der Erdpflanzen in der feuchten Erde. Ganz eigentümlich ist auch

die Art und Weise, wie aus der wassergetränkten Hülle das Wasser in die inneren Zellen der Luftwurzel gelangt. Unter dem porösen Gewebe liegt nämlich eine Schicht aus zweierlei Zellen, größeren, in die Länge gestreckten, deren äußere, an das poröse Gewebe angrenzende Wandungen verdickt und für Wasser schwer durchgängig sind, und dazwischen eingeschaltet kleinere, dünnwandige, saftreiche, durch die das Wasser aus der porösen Hülle eingelassen wird, und welche daher als wahre Saugzellen zu gelten haben.

Die Luftwurzeln der meisten als Epiphyten auf der Borke der Bäume wachsenden Orchideen erreichen niemals die Erde; wenn man sie aber künstlich mit Erde umgibt, so gehen viele zugrunde. Von einigen Arten dagegen, wie z. B. von *Vanda suavis* und *tricolor*, verlängern sich die dicken, gegen den Boden hinabwachsenden Luftwurzeln so lange, bis sie diesen erreichen, und dringen dann auch in das Erdreich ein. Dort, wo sie eingedrungen sind, verlieren sie jedoch ihre weiße, papierartige Hülle und verhalten sich dann mit den eingesenkten Teilen ganz so wie Wurzeln der Erdpflanzen.

Mehrere Farne, Bärlappe, Aroideen, Liliaceen und Kommelinaceen besitzen an ihren Luftwurzeln samtartige Überzüge aus Wurzelhaaren, mit welchen sie sich das nötige Wasser aus der feuchten Luft beschaffen. Als Beispiel für diese Vorrichtung zur Wasseraufnahme möge zunächst der Baumfarn *Todea barbara* dienen. Seine Luftwurzeln entspringen am Umfange des kurzen, sehr dicken Stammes. Sie sind sehr zahlreich, bleiben verhältnismäßig kurz, und die ganze Oberfläche des Stammes erscheint wie mit einer aus jungen und alten Wurzeln geflochtenen Hülle umgeben. Die jüngeren Luftwurzeln sind mit einem samtartigen Überzug aus Wurzelhaaren versehen, die älteren verlieren die Wurzelhaare, bräunen sich, sterben ab, verwesen und bilden dann einen mit schwarzen Strängen durchsetzten, auf dem Stamm zurückbleibenden hygroskopischen Mulm. Sobald aber die einen zugrunde gegangen sind, kommen immer wieder neue wie mit goldbraunem Samt überzogene Luftwurzeln zum Vorschein. Ihr aus Wurzelhaaren gebildeter samtartiger Überzug kondensiert die Feuchtigkeit der umgebenden Luft. Luftwurzeln des genannten Baumfarnes, welche aus trockener Luft in einen mit Wasserdampf gesättigten Raum übertragen worden waren, hatten binnen 24 Stunden 6,4 Prozent ihres Gewichtes an Wasser kondensiert und aufgenommen.

Von den in den Tropen auf der Borke alter Bäume wachsenden Aroideen, Liliaceen und Kommelinaceen entwickeln mehrere, so namentlich *Chlorophytum comosum*, *Campelia Zanonia* und *Philodendron Lindenii* (s. Abbildung, S. 163), in der Luft schwebende Luftwurzeln, die in einer breiten Zone hinter der fortwachsenden Spitze einen dichten Besatz von Wurzelhaaren zeigen. Diese Haare stehen nach allen Seiten von den Wurzeln ab, sind sehr dicht zusammengedrängt und geben, ähnlich wie bei den früher geschilderten Farnen, den betreffenden Teilen ein samtartiges Ansehen. In dem Maß, als diese Luftwurzeln sich verlängern und hinter ihrer fortwachsenden Spitze neue Wurzelhaare entstehen, sterben die älteren, von der Spitze weiter entfernten Wurzelhaare ab, werden braun und verwesen. Da die wie Schnüre von den Stengeln der Aroideen und Kommelinaceen herabhängenden Luftwurzeln weder an die Baumborke noch an irgendeinen anderen festen Körper angewachsen sind, können sie das Wasser auch nicht einer solchen Unterlage entnehmen. Vom Regen werden sie kaum jemals benetzt, da sie von den großen Blättern, welche den in Rede stehenden Pflanzen zukommen, wie mit Schirmen überdacht sind. Überdies wachsen diese Pflanzen auf den Stämmen von Bäumen, deren Kronen sich zu mächtigen Kuppeln wölben

und dadurch verhindern, daß die Luftwurzeln vom Regen benetzt werden. Dagegen ist in den aus solchen Bäumen gebildeten Wäldern die Luft sehr feucht, morgens triefst alles



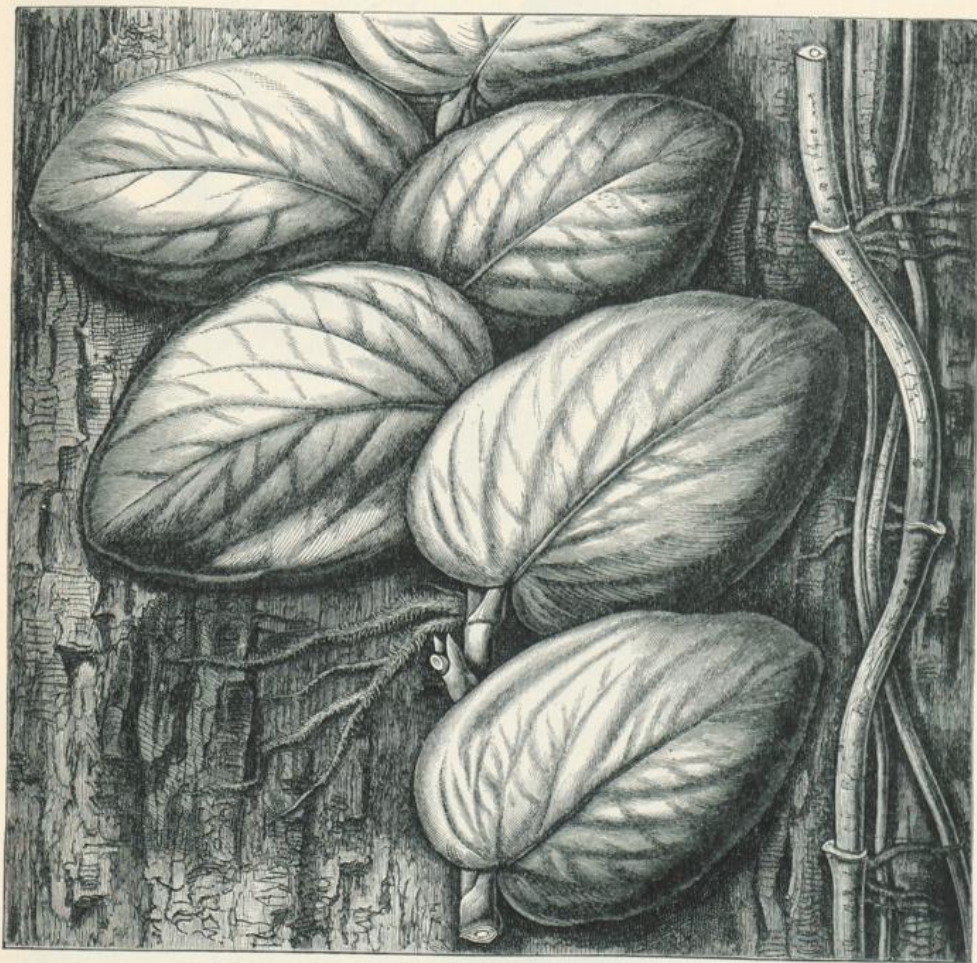
Luftwurzeln mit Wurzelhaaren: links *Philodendron Lindenii*; rechts *Campelia Zanonia*. (Zu S. 162.)

vom Tau der Nacht, und es ist gewiß, daß die samtartige Hülle der Luftwurzeln die Fähigkeit hat, dieses Wasser aufzusaugen und den tieferen Zellschichten zuzuführen.

11\*



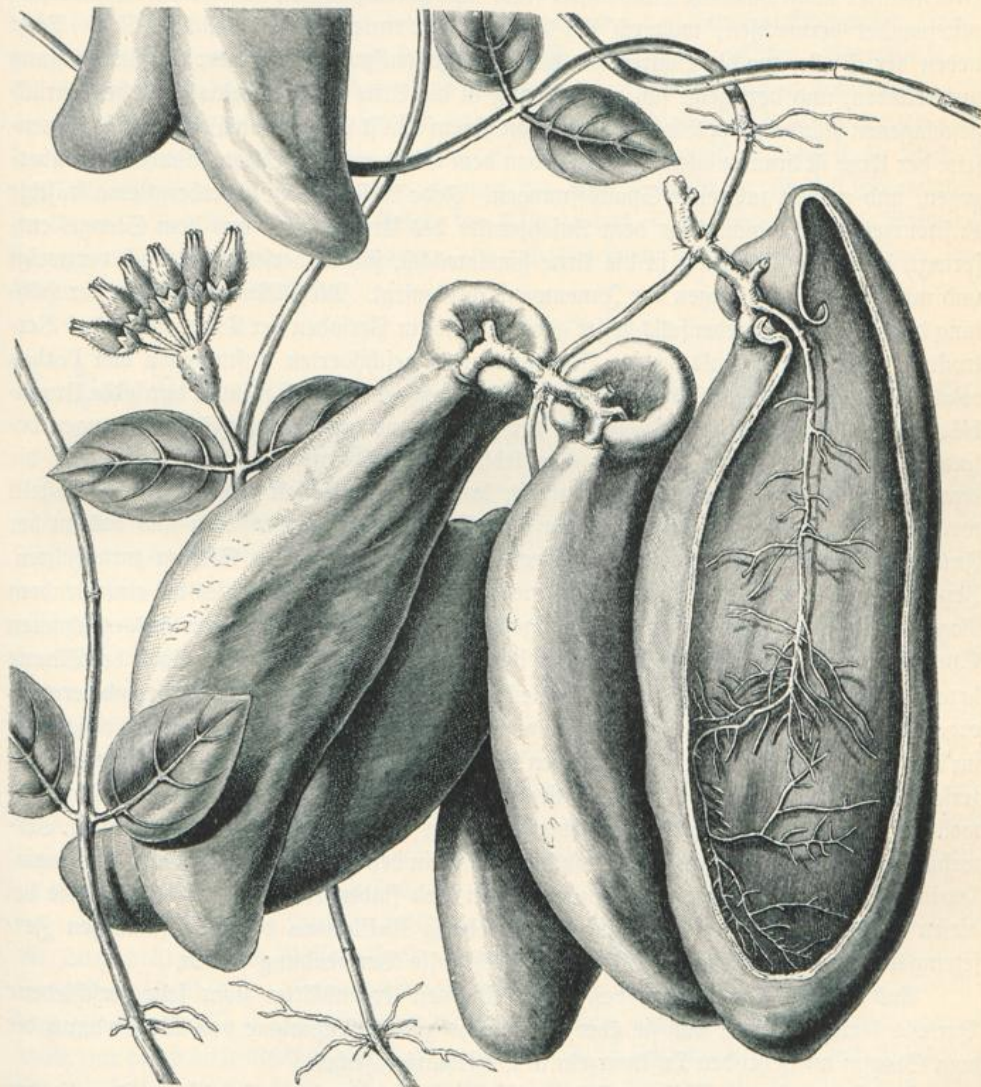
Die Epiphyten, an denen diese Art der Wasseraufnahme beobachtet wird, gedeihen nur an Orten, wo jahraus jahrein die Luft sehr feucht ist. Man darf nun voraussetzen, daß an anderen Orten, wo auf eine die Benetzung der Luftfeuchtigkeit ermöglichende Periode eine trockene Periode folgt, für die Dauer dieser letzteren den Luftwurzeln und ihren Saugzellen irgendein Schutz gegen das Vertrocknen geboten wird. Und das ist auch in der Tat



*Pothos celatocaulis*; ein Blatt ist weggeschnitten, um die Luftwurzeln zu zeigen.

der Fall. Bei der Aroidee *Pothos celatocaulis* (s. obenstehende Abbildung) sind die samtigen, über die Baumborke hinkriechenden Luftwurzeln, welche die Aufgabe haben, die Stämme an die Unterlage anzuheften, aber zugleich auch die Feuchtigkeit der Luft aufzunehmen, von den Laubblättern überdeckt. Diese Laubblätter sind zweizeilig aneinandergereiht, groß, fleischig und halten selbst in trockener Zeit das Wasser in ihrem Gewebe lange zurück; sie haben eine schalenförmige Gestalt, wenden ihre konkave Seite der Borke zu und liegen dieser mit ihren Rändern so fest und dicht an, daß es einiger Mühe bedarf, sie von derselben zu trennen. Die von diesen Blättern überwölbten Wurzeln erhalten sich in ihrem Versteck

auch in trockenen Perioden lebensfähig und unverändert. So können sie kürzere oder längere Zeit des Wassermangels abwarten und überstehen, aber sobald Regen fällt und sich die Luft mit Wasserdampf sättigt, wird alsbald wieder durch ihre Vermittelung dem Stamm



*Dischidia Rafflesiana*. Von einem der Urnenblätter ist die vordere Wand weggeschnitten, um die in der Höhlung verzweigte Wurzel zur Ansicht zu bringen.

und den Blättern die nötige Menge von Wasser zugeführt. Ähnliche Anordnung ihrer Blätter zum Schutz der Wurzeln zeigt die Asklepiadee *Conchophyllum imbricatum*.

Viel merkwürdiger gestalten sich die Verhältnisse bei einer anderen tropischen Asklepiadacee, *Dischidia Rafflesiana*, welche oben abgebildet ist. Bei dieser Pflanze beobachtet man zweierlei von den dünnen kletternden Stengeln ausgehende Blätter. Die einen

gleichen gewöhnlichen Laubblättern, sind oval, flach ausgebreitet und fleischig, die anderen haben durch ihr eigentümliches verändertes Wachstum die Gestalt von Taschen oder Urnen angenommen und werden Urnenblätter genannt. Man muß sich vorstellen, daß diese Urnenblätter umgewandelte Laubblätter sind. Die zurückgerollten Ränder des Blattes sind miteinander verwachsen, wodurch sich die sack- oder urnenförmige Gestalt erklärt. Dicht neben der Stelle, wo die Blätter von dem Stengel entspringen, ist aber die Verwachsung unterblieben, und dort zeigt sich ein Eingang in die Urne in Form eines von den zurückgeschlagenen Rändern der Blattbasis wie von einem Wulst umgebenen Loches. Die Innenseite der Urne ist braun-violett, mit einer von dem Blatt ausgeschiedenen Wachsschicht überzogen, und enthält zahlreiche Spaltöffnungen. Jede dieser Urnen beherbergt eine kräftige Luftwurzel, welche dicht über dem Ansatzpunkte des Urnenblattes aus dem Stengel entspringt, durch die Mündung in die Urne hineinwächst, sich in derselben vielfach verzweigt und mit ihren Verästelungen der Innenwand anschniegt. Diese Wurzeln sind in der Höhlung der Urnenblätter jedenfalls besser geborgen und in Perioden der Dürre gegen das Vertrocknen besser geschützt als die im Vorhergehenden geschilderten Luftwurzeln von *Pothos celatocaulis*. Aber dieser Schutz ist wohl nicht der einzige Vorteil, welcher durch die Urnenblätter erreicht werden soll. Da sich an der Innenwand der Höhlung Spaltöffnungen befinden, welche andeuten, daß hier eine lebhaftere Transpiration stattfindet und daß die Urne ausgeschiedenen Wasserdampf enthält, kann die Möglichkeit nicht in Abrede gestellt werden, daß die Wurzeln in den Urnen auch Wasserdampf kondensieren und das an der Innenseite der Urnenblätter ausgeschiedene Wasser sogleich in den Stamm zurückführen. Jene Urnen, deren Mündung nach aufwärts gerichtet ist, werden überdies bei eintretendem Regen mehr oder weniger mit Wasser gefüllt. Sie bilden dann einen ausgezeichneten Speicher für atmosphärisches Wasser. Mit dem Regenwasser, das über die Borke der Bäume herabfließt und diese abspült, gelangen in die Urnen aber auch häufig erdige Teile und verweste organische Reste. In diesem Falle können von den Wurzeln auch unorganische und organische im Wasser gelöste Nährstoffe aufgenommen werden, und da in solchen Urnen auch die Spuren zerlegter Insekten gefunden werden, so liegt es nahe, anzunehmen, daß dergleichen Tiere bisweilen in den Innenraum schlüpfen, keinen Ausgang finden, im Wasser ertrinken und in Verwesung übergehen, ähnlich wie die Insekten, welche in den Schlauchblättern von *Sarracenia*, *Darlingtonia*, *Cephalotus* und *Nepenthes* ihren Tod finden (vgl. S. 314—319). Wie bei diesen Gewächsen könnten also auch bei *Dischidia Rafflesiana* die stickstoffhaltigen Zerlegungsprodukte der verendeten Tiere als Nährstoffe Verwendung finden.

Aus alledem geht hervor, daß diese seltsamen Urnenblätter zwar sehr verschiedene Vorteile bieten können, daß sie aber vorwiegend zu der Aufnahme von Wasser durch die vom Stamm ausgehenden Luftwurzeln in Beziehungen stehen.

In einer anderen Weise verstehen es sehr viele zu der monokotyliischen Familie der Bromeliaceen gehörige Epiphyten, das atmosphärische Wasser aufzufangen und zu verwenden. Diese oft recht stattlichen und gewichtigen Pflanzen benutzen ihre Wurzeln zum Festklammern an Baumstämmen; als wasserauffangende Organe dienen ihnen dagegen die Basen der grünen Laubblätter. Die Laubblätter bilden bei diesen Bromeliaceen eine schöne regelmäßige Rosette durch festen Zusammenschluß der ungestielten Blätter. Diese haben an der Basis eine lösselförmige Verbreiterung, in der das Regenwasser stehen bleibt. Auf der Innenseite dieser Vertiefungen ist die Epidermis mit flachen, schuppenförmigen Haaren

versehen, welche das Wasser wie kleine Pumpwerke aufsaugen und durch besondere Durchlasszellen dem Blattgewebe zuführen. Die sonderbarste der epiphytischen Bromeliaceen ist die in den südlichen Tälern Nordamerikas und in Südamerika verbreitete *Tillandsia usneoides*, die, wie ihr Name andeutet, an die Bartflechte der Alpen erinnert. Die Bündel ihrer fadendünnen Sprosse hängen wie große Schweife von den Kronen immergrüner Eichen oder anderer Bäume herab, die sie durch ihre Masse oft förmlich ersticken. Wurzeln haben die Tillandsien nicht. Die Epidermis ist mit zahlreichen mikroskopischen Schuppenhaaren bedeckt, die das Regenwasser aufsaugen und allein die Pflanze mit Wasser versorgen. Erscheint das Fehlen aller Wurzeln zunächst als eine grobe Unvollkommenheit, so belehren uns die Tatsachen, daß die Tillandsien dadurch den Vorteil erreichten, überall sich ansiedeln zu können. Der Wind führt oft Stücke der Pflanze fort, sie bleiben an einem Baumaste hängen und können hier weiterwachsen, sie tun das sogar auf Telegraphendrähten, von denen sie abgefangen wurden.

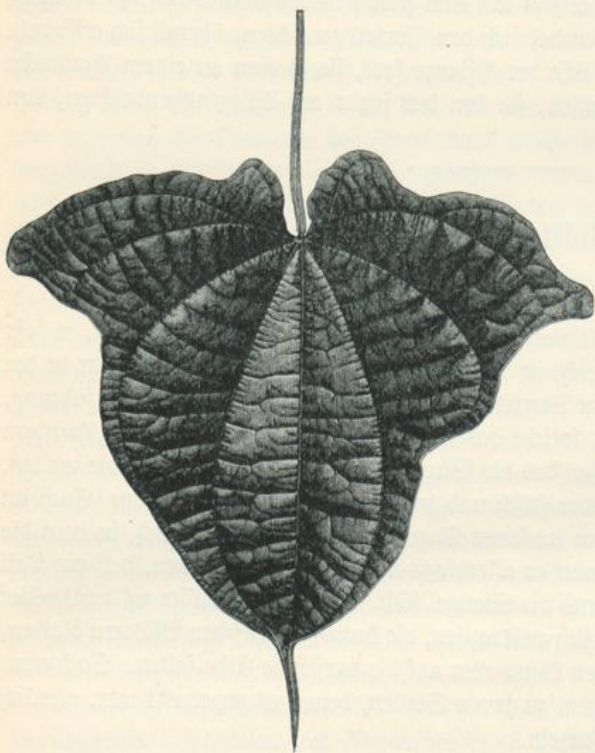
### 3. Das Verhalten der Blätter gegen Regen und Tau und die Ausscheidung von Wasser durch Laubblätter.

Wer eine Pflanze im Topfe kultiviert und sieht, daß ihre Blätter schlaff werden, begießt nicht die Blätter, sondern das Erdreich, in das die Pflanze gesetzt wurde, und zwar in der Absicht, den im Erdreiche verzweigten Wurzeln Wasser zuzuführen. Er weiß aus Erfahrung, daß die Wurzeln jene Organe sind, welche das Wasser aufnehmen und den Laubblättern zuführen, und daß durch das Begießen des die Wurzeln umgebenden Erdreiches die welken, schlaffen Blätter in kurzer Zeit wieder frisch und prall gemacht werden können. Auch im freien Lande begießt der Gärtner an trockenen Tagen vorzüglich das Erdreich, in dem die Wurzeln eingebettet sind. Dabei kann er allerdings nicht immer vermeiden, daß ein Teil des Wassers zunächst auf das Laub und die Stengel fällt. Aber dieses Wasser rollt entweder sofort zur Erde hinab, oder es formt sich zu Tropfen, die kurze Zeit auf den Blättern bleiben, bei der ersten Erschütterung durch den Wind aber auf die durstende Erde fallen. So kommt das Wasser, wenn auch auf Umwegen, zu jenen Stellen, denen es zugehört war, nämlich zu den in der Erde verborgenen Wurzeln.

Diese Erfahrungen sprechen dafür, daß sich die oberirdischen Pflanzenteile, namentlich die Laubblätter, zur Wasseraufnahme nicht eignen, da ihnen ja auch wesentlich andere Aufgaben gestellt sind. Sie sollen umgekehrt das von den Wurzeln heraufgeleitete Wasser wenigstens teilweise in Dunstform an die Luft abgeben, weil, wie später erläutert werden wird, nur durch diese Verdunstung das ganze Getriebe im Inneren der belaubten Pflanze im Gang erhalten werden kann. Die Vorstellung läßt sich hiernach in folgende Worte fassen: das Wasser wird von den Wurzeln aus der feuchten Erde aufgenommen, in den Stengeln wird es zu den Laubblättern geleitet, und aus den Blättern verdunstet es in die Atmosphäre.

Daß die Laubblätter, sogar solche vieler nicht untergetauchter Wasserpflanzen, im allgemeinen nicht der Aufnahme des Wassers dienen, zeigt die Tatsache, daß die meisten Laubblätter gar nicht vom Wasser benezt werden. Das liegt schon in dem Überzug der Oberhaut mit der Kutikula (S. 54), aber vielfach finden sich noch andere Einrichtungen, welche die Benezung der Blattflächen verhindern. Dahin gehört einmal die Ausscheidung von feinen

Wachsüberzügen, welche die betreffenden Blätter bläulich bereift erscheinen lassen. Dieser zarte Wachschauch genügt, um jede Benetzung zu verhindern. Wenn man auf die Oberfläche der Blätter von *Colocasia* oder *Nelumbium* Wasser träufelt, so rollen die größten Wassertropfen wie Quecksilbertropfen ab oder in dem vertieften Blatt von *Nelumbium* hin und her, ohne die Blattfläche zu benetzen. Auch die Behaarung vieler Blätter bildet einen wirksamen Schutz gegen Benetzung, da die zwischen einem dichten Haarleide festgehaltene Luft das Eindringen des Wassers zur Blattfläche hindert und Regentropfen von dem Haarfilz abrollen. Recht deutlich zeigt sich die Wirkung solcher Behaarung bei einer schwimmenden



Blatt von *Dioscorea macroura* mit Träufelspitze.

Wasserpflanze, *Salvinia natans*. Die Blätter dieses zierlichen Pflänzchens tragen auf der ganzen Oberfläche büschelförmig verzweigte Haare, welche die Luft so festhalten, daß man getrost die Pflanze unter Wasser tauchen kann. Beim Auftauchen sind die Blätter vollkommen unbeneht.

Schon die ganze Form der Laubblätter ist mehr einer Ableitung des Regens angepaßt als einer Aufnahme des Wassers. Zunächst kommt diese Form durch die für alle Blätter übereinstimmende Art ihres Wachstums zustande. Das Wachstum erlischt zuerst an der Spitze, und die Verbreiterung der Blattfläche geht von der Basis aus. Daher kommt es denn, daß in der Regel die Blätter oder ihre Teile in eine Spitze auslaufen. Man kann nun sehr leicht bei Regenwetter beobachten, daß diese allgemein verbreitete Blattform dahin führt, daß das Regenwasser von der Blattfläche den Spitzen zuläuft, hier abfließt und durch Nachfließen der Feuchtigkeit sich zu abfallenden Tropfen sammelt. So werden die Blätter schnell wieder trocken. Diese Tatsache ist durch Beobachtungen in den regnerischen Tropengegenden noch bestätigt worden. Wenn es auch in der Tropenvegetation eine große Menge Pflanzen gibt, die die starke Benetzung durch häufige Regengüsse gut vertragen, so scheint doch bei ebensoviele durch besonders auffallende Gestalt ihrer Blätter eine möglichst rasche Ableitung des Regenwassers geradezu befördert zu werden. Die Botaniker *Jungner* und *Stahl* machten darauf aufmerksam, daß gerade in den regenreichsten Gebieten von Kamerun und Java die Spitzen der Blätter auffallend häufig besonders stark verlängert sind, wodurch das Abtropfen so sichtlich gefördert wird, daß man diese Spitze treffend als „Träufelspitze“ bezeichnet hat. Das abgebildete Blatt der tropischen

Wasserpflanze, *Salvinia natans*. Die Blätter dieses zierlichen Pflänzchens tragen auf der ganzen Oberfläche büschelförmig verzweigte Haare, welche die Luft so festhalten, daß man getrost die Pflanze unter Wasser tauchen kann. Beim Auftauchen sind die Blätter vollkommen unbeneht.

Schon die ganze Form der Laubblätter ist mehr einer Ableitung des Regens angepaßt als einer Aufnahme des Wassers. Zunächst kommt diese Form durch die für alle Blätter übereinstimmende Art ihres Wachstums zustande. Das Wachstum erlischt zuerst an der Spitze, und die Verbreiterung der Blattfläche geht von der Basis aus. Daher kommt es denn, daß in der Regel die Blätter oder ihre Teile in eine Spitze auslaufen. Man kann nun sehr leicht bei Regenwetter beobachten, daß diese allgemein

verbreitete Blattform dahin führt, daß das Regenwasser von der Blattfläche den Spitzen zuläuft, hier abfließt und durch Nachfließen der Feuchtigkeit sich zu abfallenden Tropfen sammelt. So werden die Blätter schnell wieder trocken. Diese Tatsache ist durch Beobachtungen in den regnerischen Tropengegenden noch bestätigt worden. Wenn es auch in der Tropenvegetation eine große Menge Pflanzen gibt, die die starke Benetzung durch häufige Regengüsse gut vertragen, so scheint doch bei ebensoviele durch besonders auffallende Gestalt ihrer Blätter eine möglichst rasche Ableitung des Regenwassers geradezu befördert zu werden. Die Botaniker *Jungner* und *Stahl* machten darauf aufmerksam, daß gerade in den regenreichsten Gebieten von Kamerun und Java die Spitzen der Blätter auffallend häufig besonders stark verlängert sind, wodurch das Abtropfen so sichtlich gefördert wird, daß man diese Spitze treffend als „Träufelspitze“ bezeichnet hat. Das abgebildete Blatt der tropischen

*Dioscorea macroura* besitzt eine rinnenförmig gefaltete Spitze, auf die alle Hauptnerven des Blattes als bogenförmige Rinne zulaufen. Von dem grünen Blattgewebe läuft das Wasser in diesen Rinne der Tropfspitze zu und tropft hier ab. Die Blattfläche ist dann nur noch mit einer dünnen Wasserhaut überzogen, die schnell verdunstet, und das Blatt wird trocken.

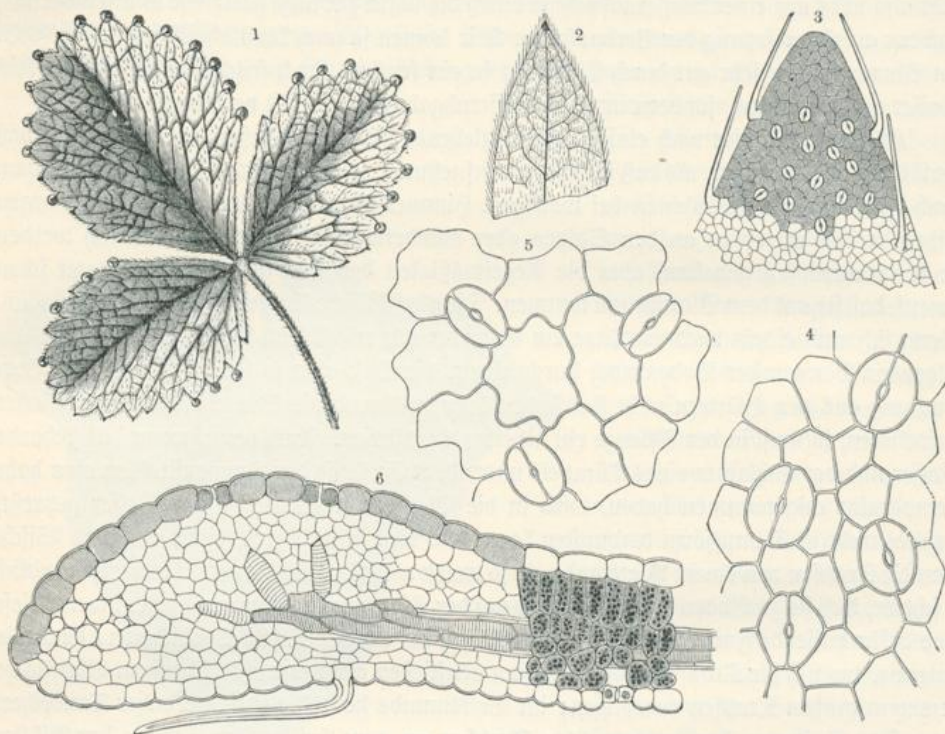
Die Erfrischung, die das Laub der Pflanzen unmittelbar nach Regenfällen zeigt, beruht also nicht auf einer Wasseraufnahme durch die dafür gar nicht geeignete Blattepidermis, sondern auf Herabsetzung der Verdunstung. Wir können ja auch künstlich Pflanzenteile, z. B. ein Blumenbukett, sehr gut durch Einhüllen in ein feuchtes Tuch frisch erhalten, wobei kein Wasser aufgenommen, sondern nur die Wasserabgabe an die Luft verhindert wird.

Es lassen sich hier noch einige recht anziehende Fälle anschließen, welche dartun, daß die Blätter viel häufiger, als daß sie Wasser aufnehmen, solches in Tropfenform ausscheiden. Nach warmen Sommernächten bei wolkeigem Himmel beobachtet man am frühen Morgen glitzernde Wassertropfen an den Spitzen oder Rändern der Blätter. Gewöhnlich werden sie für Tautropfen gehalten, aber die Regelmäßigkeit der Tropfenverteilung deutet schon darauf, daß sie aus dem Blattinnern kommen. Die physikalische Entstehung ist leicht begreiflich. Wenn sich nach einem warmen Tage ein Gewitter mit reichlichem Regen entladet, und am folgenden Morgen der Boden noch durchwärmt, die Luft aber so feucht ist, daß eine Verdunstung aus den Blättern nicht stattfinden kann, während die Wurzeln immerfort Wasser aufnehmen, so muß in der Pflanze ein Überdruck entstehen. Auch dann, wenn das stehende Wasser und der Schlamm eines Tümpels unter dem Einflusse der Sonnenstrahlen eine hohe Temperatur angenommen haben, wird in die Blätter ein Übermaß von Wasser gepreßt, welches nicht in Dampfform verdunsten kann, und nun in flüssiger Gestalt austritt. Wischt man die Tropfen von einem Blattrande ab, so treten alsbald neue hervor. Sie werden endlich so schwer, daß sie zu Boden fallen oder auch auf der Blattspreite zusammenfließen, wenn diese eine dafür passende Form besitzt. Das ist der Fall bei der auf S. 182 abgebildeten *Alchimilla vulgaris*, wo sich die Tröpfchen durch Zusammenfließen auf der trichterförmigen Blattfläche zu einem großen Tropfen vereinigen; im Volksmunde heißt die Pflanze daher Taubecher.

Das Auftreten der ausgepreßten Tropfen an ganz bestimmten Stellen der Blätter deutet auf besondere Mittel der Ausscheidung hin. Die Tropfenausscheidung erfolgt in der Tat durch besondere, nur an gewissen Stellen sitzende Organe. Entweder tritt das Wasser aus Rissen, die im Gewebe entstehen, aus, oder es sind haarartige Wasserdrüsen (in der Botanik *Hydathoden* genannt), die zwischen den Epidermiszellen liegen und Wasser ausscheiden. Wo größere Tropfen ausgeschieden werden, besorgen dies meistens unter der Epidermis liegende Zellgruppen, die das Wasser durch offene, am Blattrande oder häufig an den Blattspitzen liegende Spalten auspressen. Diese Spalten heißen Wasserspalten. Sie sehen ähnlich aus wie die Spaltöffnungen, schließen sich jedoch nicht wie diese.

Die Größe der Wasserspalten ist demselben Wechsel unterworfen wie die der Spaltöffnungen. Auffallend groß sind die Wasserspalten bei *Ranunculus Flammula*, *Lythrum Salicaria* und *Tropaeolum majus*. Bei der zuletzt genannten Pflanze ist die Öffnung der Wasserspalten 28 Mikromillimeter lang und 45 Mikromillimeter breit. Auffallend klein sind sie bei den Arten der Gattungen *Asperula*, *Urtica* und *Fragaria*. Bei der Erdbeerpflanze (*Fragaria vesca*) mißt die Öffnung 6 Mikromillimeter in der Länge und 4 Mikromillimeter in der Breite. Auf denselben Flächenraum, auf den bei *Tropaeolum majus* eine einzige große Wasserspalte fällt, treffen bei *Fragaria vesca* 84 kleine Wasserspalten. Dieser Gegensatz läßt sich auch

verallgemeinern und in folgender Weise ausdrücken: Wenn sich auf einer Fläche von bestimmtem Umfange zahlreiche Wasserspalten finden, sind diese stets kleiner als dann, wenn auf einer gleichgroßen Fläche nur eine einzige Wasserspalte zur Entwicklung gekommen ist. In manchen Fällen, beispielsweise bei *Aconitum*, *Begonia*, *Tropaeolum* und der untenstehend abgebildeten *Potentilla Carniolic*a sind die Wasserspalten größer als die Spaltöffnungen der-



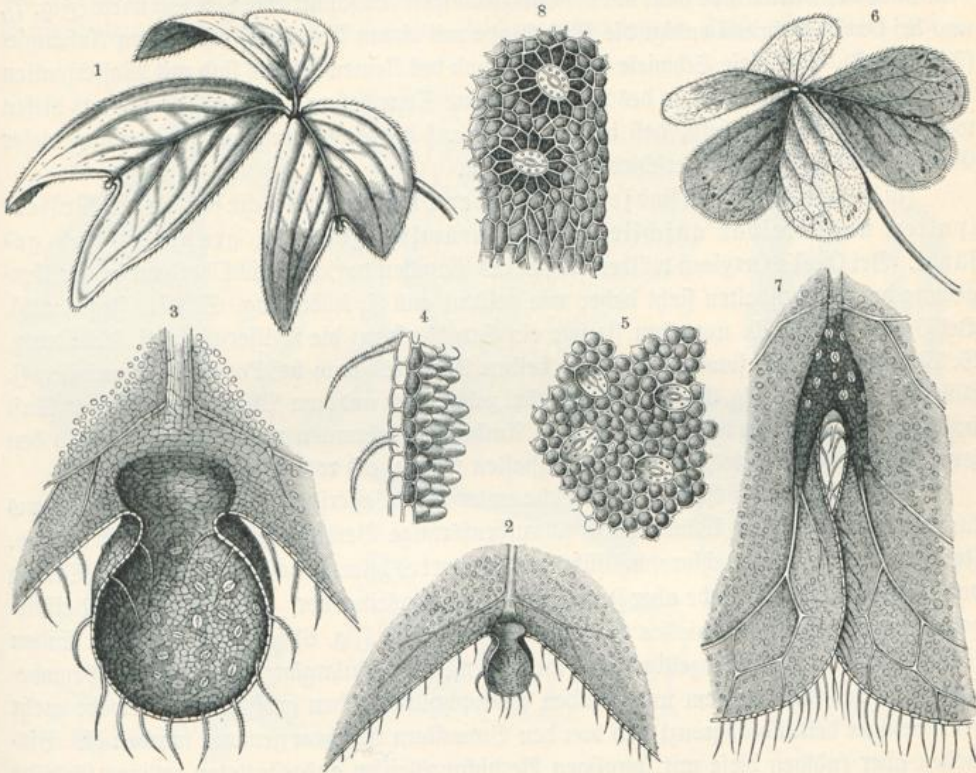
Wasserspalt und Wasserausscheidung an den Blättern der *Potentilla Carniolic*a: 1 ein dreizähliges Blatt, an dessen Sägezähnen die aus den Wasserspalten ausgeschiedenen Wassertropfen haften; von einigen Blattzähnen sind die Wassertropfen bereits abgerollt, natürliche Größe; 2 ein einzelner Blattzahn, 4fach vergrößert; 3 die rot gefärbte Spitze eines Blattzahnes, welche 13 Wasserspalten trägt, 50fach vergrößert; 4 ein Stück der Oberhaut mit Wasserspalten, 280fach vergrößert; 5 ein Stück der Oberhaut mit Spaltöffnungen, 280fach vergrößert; 6 Durchschnitt durch einen Blattzahn senkrecht auf die Blattfläche; zwischen den rot gefärbten Zellen der Oberhaut sieht man zwei Wasserspalten eingeschaltet, darunter das chlorophyllose Gewebe (das Epithem); unter den farblosen Zellen der Oberhaut (rechts) das chlorophyllführende Gewebe des Blattes und darunter eine Spaltöffnung; durch dieses Gewebe zieht ein Gefäßbündelstrang, welcher unterhalb der Wasserspalten im Epithem mit Spiralfaserzellen endigt. 280fach vergrößert. (Zu S. 171 u. 172.)

selben Pflanze, aber die Dolbenpflanzen und zahlreiche Rosazeen haben Wasserspalten, welche die Größe der auf denselben Blättern ausgebildeten Spaltöffnungen nicht erreichen.

Die Wasserspalten werden gewöhnlich früher als die Luftspalten in der Epidermis ausgebildet. Die jugendlichen, noch zusammengecollten Blätter des bei S. 199 abgebildeten *Philodendron pertusum* und die fächerförmig zusammengefalteten Blätter der *Alchimilla vulgaris* trießen an den Stellen, wo sich Wasserspalten finden, von dem dort ausgeschiedenen Wasser, während an denselben Blattflächen die Spaltöffnungen über die ersten vorbereitenden Entwicklungsvorgänge noch nicht hinausgekommen sind.

Die Wasserspalten bilden sich in der Regel über den Enden der wasserleitenden Gefäßbündel aus. Da diese an der Spitze und am Rande der grünen Blätter zu liegen pflegen,

sind dort auch die Wasserspalten am häufigsten anzutreffen. Ist der Blattrand gekerbt oder gezähnt, so befinden sich die Wasserspalten regelmäßig auf den Kerb- oder Sägezähnen. Als Beispiel für diese Anordnung kann *Potentilla Carniolica* dienen, von der in der Abbildung, S. 170, Fig. 1, ein Blatt dargestellt ist, dessen drei Teile am Rande deutlich gezähnt sind. Das Blatt wurde an einem Tag abgebildet, an dem die Luft mit Wasserdampf gesättigt war.



Wasserspalt an *Oxalis ortgiesii* (1—5) und *Oxalis floribunda* (6—8): 1 ein dreizähliges Blatt von *Oxalis ortgiesii*, natürl. Größe; 2 löffelförmiges Anhängsel vor dem Ende des Gefäßbündels in dem herzförmigen Ausschnitt eines Teilblättchens, 10fach vergrößert; 3 dasselbe, 40fach vergrößert, im Grunde des Löffels die Wasserspalten sichtbar; 4 ein Stück des Löffels im Längsschnitt, 120fach vergrößert; an der oberen Seite sind die Oberhautzellen papillenartig vorgewölbt, an der unteren Seite sind zwei Haare in die Oberhautzellen eingeschaltet; 5 dasselbe unter Flächenansicht; 6 ein dreizähliges Blatt von *Oxalis floribunda*, natürl. Größe; 7 die Schwiele hinter dem herzförmigen Blattausschnitt, welche die Wasserspalten trägt, 20fach vergrößert; 8 ein Stück der Oberhaut dieser Schwiele mit zwei von strahlenförmig gruppierten Oberhautzellen umgebenen Wasserspalten. (Zu S. 172.)

Auf jedem Blatzzahn glänzte ein aus den dort befindlichen Wasserspalten ausgeschiedener Wassertropfen. Infolge der Erschütterung beim Abpflücken hatte sich ein Teil der Wasserperlen abgelöst. Um das Bild möglichst getreu und instruktiv zu gestalten, wurden mehrere Blatzzähne so gezeichnet, wie sie nach dem Abrollen der Wassertropfen erschienen waren.

Jeder Blatzzahn weist bei *Potentilla Carniolica* 10—15 Wasserspalten auf. Bei der schwarzen Riefwurze (*Helleborus niger*) finden sich an den Blattabschnitten über jedem endständigen Blatzzahn 10, über den kleineren seitenständigen Blatzzähnen 3—5 Wasserspalten. Bei Pflanzen mit ganzrandigen, weder gekerbten noch gezähnten Blättern, wie z. B. bei *Callitriche verna* und *Hippuris vulgaris*, findet man dagegen über der Blattspitze nur eine einzige Wasserspalte, und bei den meisten Aroideen sind die Wasserspalten paarweise gruppiert,



d. h. auf der oberen Seite der Blattspitze stehen zwei verhältnismäßig große Wasserspalten nebeneinander. Eine eigentümliche Gruppierung zeigen die Wasserspalten bei mehreren mit dreizähligen Blättern ausgestatteten Arten der Gattung Sauerklee (*Oxalis*), namentlich *Oxalis floribunda* und *Ortgiesii*. Jedes der drei Teilblättchen ist bei ihnen verkehrt-herzförmig (s. Abbildung, S. 171, Fig. 1 und 6); bei *Oxalis floribunda* befindet sich über dem Ende der Mittelrippe dicht vor dem herzförmigen Ausschnitt eine rote Schwiele (Fig. 7), und bei *Oxalis Ortgiesii* endigt die Mittelrippe mit einem kleinen löffelförmigen Anhängsel (Fig. 2 u. 3). Nur diese Schwiele und der Grund des kleinen Löffels sind mit Wasserspalten besetzt; an den übrigen Teilen des Blattes ist keine Spur davon zu finden. Schon aus diesen wenigen Beispielen erhellt, daß in Beziehung auf die Anordnung und Verteilung dieser Gebilde eine sehr große Verschiedenheit besteht.

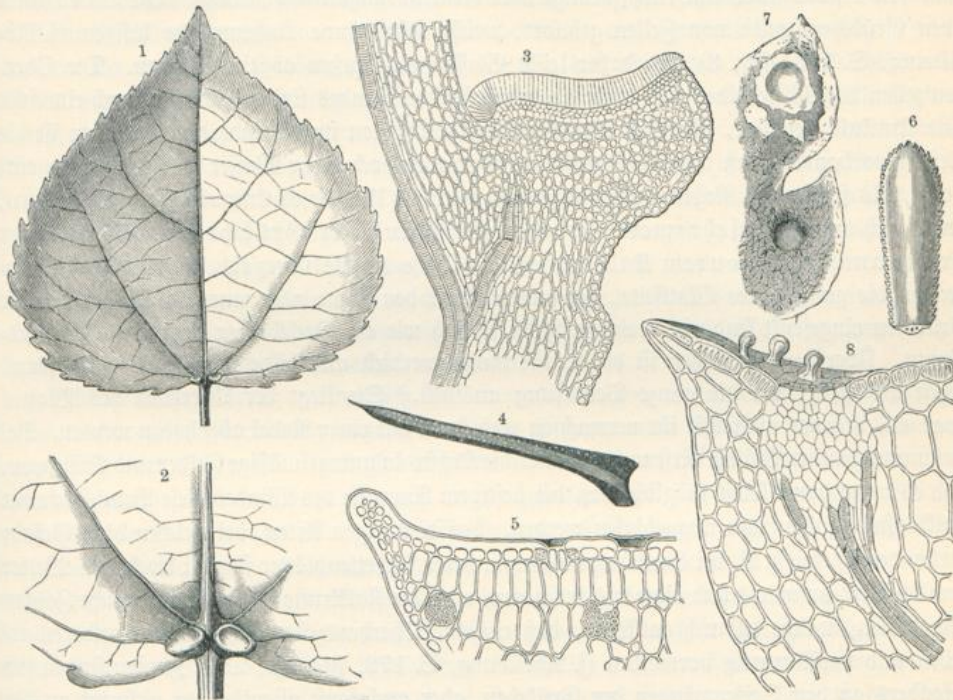
In den meisten Fällen sind jene Zellen der Oberhaut, welche sich an die Wasserspalten unmittelbar anschließen, eigentümlich geformt, gruppiert und gefärbt. Bei *Oxalis Ortgiesii* wölben sie sich als Papillen vor, und die Oberhaut in der Umgebung der Wasserspalten sieht daher wie geförnt aus (s. Abbildung, S. 171, Fig. 4 u. 5). Bei *Oxalis floribunda* umgeben sie wie ein Strahlenkranz die Wasserspalte (s. Abbildung, S. 171, Fig. 8), und sowohl bei diesen beiden Arten als auch bei *Potentilla Carniolica* (s. Abbildung, S. 170, Fig. 3 u. 6) und noch bei zahlreichen anderen Pflanzen enthält der Saft in diesen Zellen einen unter dem Namen Anthoxyan bekannten roten Farbstoff, durch den jene Stellen des Blattes, welche Wasserspalten tragen, als rote Flecke erscheinen.

Die Enden der Gefäßbündel, welche unter den Wasserspalten münden, bestehen aus kurzen Gefäßen, deren Wände durch schraubenförmige Verdickungsleisten ausgesteift sind. Im Bereiche des grünen chlorophyllführenden Gewebes bilden sie einen geschlossenen Strang von gleicher Dicke, am Ende aber spreizen sie häufig auseinander. Bei der hier als Beispiel gewählten *Potentilla Carniolica* (s. Abbildung, S. 170, Fig. 6) schließen sich diese Enden einem chlorophylllosen kleinzelligen und mit engen Interzellulargängen durchsetzten Gewebekörper an, der sich von dem umgebenden chlorophyllführenden großzelligen Gewebe mehr oder weniger deutlich abgrenzt und von den Botanikern Epithem genannt worden ist. Bisweilen aber endigen diese mit spiraligen Verdickungsleisten ausgestatteten zelligen Gebilde in den unter der Oberhaut ausgebildeten luftgefüllten Hohlräumen in unmittelbarer Nähe der Wasserspalten.

Das von dem Gefäßbündel zugeführte Wasser tritt erst in die Epithemzellen, in denen der Druck allmählich so steigt, daß sich das Wasser in die Interzellularräume ergießt und von hier aus durch die Wasserspalten austritt. Daß dies Auspressen von Wasser für die Pflanzen einen Nutzen haben muß, ist wohl zweifellos, denn sonst würden nicht die verwickeltesten Bildungen der Hydathoden zu diesem Zweck entstanden sein. Es handelt sich, so weit wir sehen können, um eine Herabsetzung übermäßigen Wasserdruckes (Turgors) in der Pflanze. Daß ein solcher schädlich wirken könnte, ergibt die Überlegung, daß der normale Druck in einer Zelle schon eine oder mehrere Atmosphären beträgt. Durch verstärkten Druck könnte das Interzellularsystem eines Blattes leicht mit Wasser erfüllt und damit die Durchlüftung unmöglich gemacht werden. Die Menge des aus den Spalten ausgepressten Wassers ist zuweilen nicht unbedeutend. Bei *Colocasia antiquorum* hat man während einer Nacht die Ausscheidung von  $\frac{1}{10}$  Liter Wasser beobachtet.

#### 4. Einrichtungen zur Wasseraufnahme durch besondere Gruben und Rinne oder Haare der Blätter.

Eine sehr eigentümliche Erscheinung ist es, daß bei ganzen Gruppen von Pflanzen mit den Wassertropfen feste in diesen gelöste Stoffe ausgeschieden werden, welche später auf den Wasserspalten vertrocknen und sie für eine Zeitlang verschließen. Diese merkwürdigen Tat-



Sauggrübchen und Saugnäpfe an Laubblättern: 1 Blatt eines Schöfplings der Espe, 2 die Basis dieses Blattes, 3fach vergrößert; 3 Durchschnitt durch ein Saugnapf, 25fach vergrößert; 4 Blatt des Acantholimon Songanense, 5 Durchschnitt durch einen Teil dieses Blattes, 110fach vergrößert; 6 Blatt des immergrünen Steinbrechs (Saxifraga aizoon), 7 zwei Zähne des Blatt-randes, das Sauggrübchen des oberen Zahnes mit Kalkkrusten bedeckt, von dem unteren Blattzahn die Kalkkruste entfernt, 8 Durch-schnitt durch einen Blattzahn und dessen Sauggrübchen, 110fach vergrößert. (Zu S. 173—175, 178.)

sachen sind nicht ganz leicht zu deuten, doch da sie sich bei Pflanzen besonders trockener Stand-orte finden, die wenigstens zeitweise unter Wassermangel zu leiden haben, so stehen diese Einrichtungen, die wir jetzt schildern wollen, auch wohl in naher Beziehung zur Wasser-versorgung der Pflanzen. Es ergibt sich daraus, daß unter ungünstigen Bedingungen auch die Organe, welche sonst gerade gegen das Eindringen von Wasser mit Schutzeinrichtungen versehen sind, nämlich die Blätter der höheren Pflanzen, zur Aufnahme kleiner atmo-sphärischer Wassermengen dienen können.

Auf den Blättern gewisser Steinbrecharten erkennt man bei mäßiger Vergrößerung kleine Grübchen hinter der Spitze und längs der Seitenränder auf der oberen Seite der Blätter. Ist der Blatttrand gezähnt oder geferkbt, wie z. B. an Saxifraga aizoon (s. obenstehende Abbildung, Fig. 6 u. 7), so trägt jeder Zahn in der Mitte je ein solches Grübchen. Die Zellen,

welche den äußersten Rand der Zähne oder Kerben bilden, sind immer sehr verdickt, starr und fest, das Mittelfeld des ganzen Blattes aber ist fleischig und wird aus einem sehr umfangreichen, großzelligen Parenchym gebildet. Das Gefäßbündel, welches an der Basis des Blattes eintritt, verteilt sich in zahlreiche Seitenbündel, welche entweder ohne weitere Verzweigung gegen den Blattrand verlaufen, wie z. B. bei *Saxifraga caesia*, oder aber in ihrem Verlaufe sich netzförmig miteinander verbinden, wie bei *Saxifraga aizoon*. Diese Seitenbündel endigen in den Blätzähnen des Randes unmittelbar unterhalb der dort befindlichen Grübchen, und zwar bildet jedes Ende eine knopfförmige oder birnenförmige Anschwellung. Der Boden eines jeden Grübchens wird von Zellen gebildet, welche sehr dünne Außenwände besitzen (s. Abbildung, S. 173, Fig. 8) und daher leicht Wasser nach außen abgeben können. Die Oberhautzellen des Mittelfeldes und auch die des äußersten Randes sind allerdings durch eine sehr dicke Kutikula geschützt, aber für die dünnwandigen Zellen im Grunde der Grübchen ist die Gefahr vorhanden, daß durch sie ebensoviel oder auch noch mehr Wasser in Dampfform entweicht, als früher bei Regenwetter ausgepreßt wurde. Um dieses Entweichen zu verhindern, findet sich nun ein sehr merkwürdiger Verschluss der Grübchen in Form einer Kruste aus kohlensaurem Kalk hergestellt. Diese Kruste überzieht bei manchen Steinbrechen die ganze obere Blattseite, bei anderen nur den Rand oder nur die Stelle, wo die Grübchen eingesenkt sind, in welchem Falle sie sich wie ein Deckel über dem Grübchen annimmt. Über dem Grübchen ist die Kruste immer verdickt und bildet manchmal einen förmlichen Pfropfen, der die ganze Vertiefung ausfüllt. Sie liegt der Oberhaut des Blattes zwar an, ist aber nicht mit ihr verwachsen und kann mit einer Nadel abgehoben werden. Bei Krümmungen der Blätter birst und zerbricht die Kruste in unregelmäßige Felder und Schuppen, und es wäre dann leicht möglich, daß bei heftigem Anpralle des Windes diese Bruchstücke der Kalkkruste abfallen und weggeblasen werden. Bei denjenigen Arten, bei welchen diese Gefahr vorhanden ist, wie z. B. bei *Saxifraga aizoon*, deren Rosettenblätter sich bei trockenem Wetter ziemlich stark aufwärts und einwärts krümmen, wird die Kalkkruste durch eigentümliche Zapfen festgehalten, welche dadurch entstehen, daß einzelne Oberhautzellen sich über die anderen erheben und papillenartig vorwölben (s. Abbildung, S. 173, Fig. 8). Diese Zapfen finden sich besonders an den Seitenwänden der Grübchen, aber auch sonst allenthalben zerstreut an der Oberhaut des Blattrandes. Sie sind mit der Kalkkruste so verschränkt, daß ein Abfallen der letzteren nicht leicht erfolgen kann, und daß ein verhältnismäßig ziemlich starker Druck der Nadel nötig ist, um die Kruste von diesen Zapfen zu trennen. Der kohlensaure Kalk, aus dem diese Krusten bestehen, wird von der Pflanze in Lösung ausgeschieden, und zwar aus Poren, die sich in der Tiefe der Grube finden. Die Poren haben die Gestalt gewöhnlicher Spaltöffnungen, sind in der Regel nur etwas größer, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß sie, nachdem einmal die Kalkkruste aus der ausgeschiedenen Lösung sich gebildet hat, auch als Spaltöffnungen bei der Transpiration beteiligt sind.

Wie die hier geschilderte Vorrichtung wirkt, bedarf noch einer Erläuterung. Fällt Tau oder Regen auf das Steinbrechblatt, so wird sofort die ganze obere Fläche benetzt, das Wasser zieht sich unter die Kalkkruste, breitet sich dort aus und kommt im Nu auch in die Grübchen, wo es von den in der Tiefe befindlichen Saugzellen nun ebenso gut aufgenommen werden kann, wie sie anfangs Wasser ausgepreßt haben. Der Pfropfen aus Kalk, welcher in jedem Grübchen eingelagert ist, wird dabei nur unbedeutend gehoben. Bei trockenem Wetter liegt die Kalkkruste wieder dicht den Oberhautzellen auf, der Pfropfen senkt sich wieder und ver-

hindert die Verdunstung des Wassers aus den dünnwandigen Zellen der Grübchen. Da diese Steinbrecharten an sonnigen Bergabhängen in den Ritzen von Felsen wachsen, so wären sie ohne Schutzmittel sehr leicht dem Vertrocknen preisgegeben.

Diesen Saugvorrichtungen an den Steinbrechblättern außerordentlich ähnlich sind jene an den Blättern von *Acantholimon*, *Goniolimon* und einigen anderen *Plumbaginazeen*. Man findet hier die Grübchen gleichmäßig über die ganze Blattfläche verteilt, und wenn sie durch eine Kruste oder Schuppe aus kohlen-saurem Kalk zugedeckt sind, erscheinen dadurch die Blätter weiß punktiert, wie das z. B. an dem auf S. 173, Fig. 4, abgebildeten Blatte des *Acantholimon Senganense* zu sehen ist. Hebt man eine der Kalkschuppen ab, so zeigt sich unter ihr ein kleines Grübchen, und man bemerkt, daß der Boden dieses Grübchens aus vier bis acht durch strahlenförmig verlaufende Scheidewände getrennten Zellen gebildet wird, deren Außenwand ungemein zart und dünn ist. Die an dieses Grübchen anschließenden anderen Zellen der Oberhaut sind dagegen immer mit einer dicken Kutikula versehen (s. Abbildung, S. 173, Fig. 5). Die Zellen, welche den Boden des Grübchens bilden, scheiden zu der Zeit, wenn ihren Wurzeln reichlich Wasser zugeführt wird und der Turgor in den Zellen der Blätter ein großer ist, gelösten doppeltkohlen-sauren Kalk aus. An der Luft entweicht ein Teil der Kohlen-säure, und der im Wasser unlösliche einfachkohlen-saure Kalk bildet dann eine Kruste, welche das Grübchen erfüllt und überdeckt und sich manchmal sogar über das ganze Blatt als ein zusammenhängender Kalkpanzer ausbreitet.

Alle *Plumbaginazeen*, namentlich alle *Acantholimon*-, *Goniolimon*- und *Statice*-Arten, welche diese Einrichtung zeigen, bewohnen Steppen und Wüsten, wo im Sommer monatelang kein Regen fällt, das Erdreich bis zu bedeutender Tiefe austrocknet und den Pflanzenwurzeln daher nur äußerst wenig Wasser geboten wird. Obschon die starren Blätter durch die dicke Kutikula und durch die Kalkkrusten und Kalkschuppen gegen übermäßige Verdunstung ihres Wassergehaltes geschützt sind, so ist, zumal dann, wenn die Mittagssonne über der Steppe brüht, ein geringer Wasserverlust doch schwer zu vermeiden, und bei der großen Trockenheit im Boden ist es kaum möglich, diesen wenn auch noch so geringen Wasserverlust mittels der an den Wurzelspitzen befindlichen Saugzellen aus der Erde zu ersetzen. Um so willkommener ist für solche Pflanzen der in manchen trockenen Gebieten im Verlaufe der Nacht mitunter reichlich fallende Tau, der die starren Blätter nekt, sich sofort auch unter die Kalkkrusten und Kalkschüppchen hineinzieht, zu den dünnwandigen Zellen in der Tiefe der Grübchen kommt und von diesen begierig aufgesogen wird. Wenn dann später am Tage neuerdings Trockenheit eintritt, so schließen sich die Kalkschuppen als kleine Deckel wieder fest an die darunterliegende Oberhaut und beschränken so gut wie möglich die Verdunstung. Insbesondere verhindern sie die Wasserabgabe aus den dünnwandigen Zellen im Grunde der Grübchen, die sonst ganz unvermeidlich wäre, und die ein rasches Verdorren der ganzen Pflanze im Gefolge haben würde.

Eine ähnliche Bedeutung wie den Ausscheidungen von kohlen-saurem Kalk kommt auch den Salzkrusten zu, mit denen man die Blätter einiger Pflanzen auf dem dürrn Boden von Steppen und Wüsten in der Nähe von Salzseen und auf dem trockenen Gelände an den Meeresküsten überzogen findet. Die Salzkrusten, welche von der auf einer persischen Salzsteppe gesammelten *Frankenia hispida* abgelöst wurden, bestanden vorwaltend aus Kochsalz (*Chlornatrium*). In geringerer Menge enthielten sie Gips, schwefel-saure Magnesia, Chlorkalzium und Chlormagnesium. Da man an den eben bezeichneten Stellen mitunter auch

aus dem Erdreich Salzkristalle auswittern und als weißen Beschlag dem Boden aufliegen sieht, so glaubte man früher, daß die Salzkruften auf den Blättern und Stengeln gar nicht von den betreffenden Pflanzen, sondern von dem umgebenden Erdreiche herstammten und die Pflanzenteile überzogen hätten. Dem ist aber nicht so. Tatsächlich stammt das Salz, das man an den Blättern und Stengeln der Frankenien und Reaumurien, der *Hypericopsis Persica* sowie einiger Tamarix- und *Statice*-Arten beobachtet, aus dem Inneren der Blätter her. Es entsteht auf ganz ähnliche Weise wie die früher besprochene Kruste aus kohlensaurem Kalk auf den Blättern der Steinbreche. Die Oberfläche der Blätter erscheint bei allen den genannten Pflanzen dem freien Auge wie punktiert. Sieht man näher zu, so zeigt es sich, daß jedem Punkt ein kleines Grübchen entspricht, dessen tiefste Stelle von Zellen mit äußerst zarter Außenwand gebildet wird. An ganz jungen Blättern ist nur eine einzige solche dünnwandige Zelle im Grunde des seichten Grübchens zu sehen. Diese teilt sich aber, und zur Zeit, wenn das Blatt ganz ausgewachsen ist, sind aus einer Zelle durch Teilung zwei bis vier hervorgegangen. In der Umgebung dieser dünnwandigen Zellen sind überdies Spaltöffnungen in die Haut eingeschaltet, und aus diesen wird in der Regenzeit, wenn es an dem Standorte der genannten Pflanzen an Wasser nicht fehlt, wässerige Flüssigkeit hervorgepreßt, die reichlich Salze gelöst enthält. Diese Salzlösung zieht sich über die ganze Oberfläche des Blattes, und es bilden sich aus ihr in trockener Luft Kristalle, welche als kleine Drusen oder auch als zusammenhängende Kruften dem Blatt aufsitzen.

Sieht man diese Tamarisken, Frankenien und Reaumurien in regenloser Periode in der Mittagszeit von der Sonne beschienen, so glitzern die Salzkristalle an den Blättern und Stengeln und lassen sich durch Druck als feines kristallinisches, weißes Pulver ablösen. Kommt man aber nach einer hellen Nacht an dieselbe Stelle, so ist von Kristallen keine Spur zu sehen; die kleinen Blättchen erscheinen grün, sind aber von einer bitterlich-salzig schmeckenden Flüssigkeit überzogen und fühlen sich feucht und schmierig an. Die Salzkristalle haben durch ihre Hygroscopität aus der Luft im Laufe der Nacht Feuchtigkeit angezogen, sind zerfließen und zerronnen, und die Salzlösung überzieht nicht nur das ganze Blatt, sondern erfüllt auch die kleinen, dem freien Auge als Punkte erscheinenden Grübchen. Die dünnwandigen Zellen im Grunde der Grübchen, die im Gegensatz zu den anderen Oberhautzellen und den Schließzellen der Spaltöffnungen benetzbar sind, wirken als Saugzellen, und durch ihre dünnen Wände gelangt das durch die Salze der Luft entnommene Wasser in das Innere der Blätter.

Wird bei höherem Sonnenstande die Luft trocken, so bilden sich aus der Salzlösung wieder Kristalle, die als Kruften die Blätter neuerdings überziehen, auch die Grübchen ausfüllen und nun in den heißen Tagesstunden die Pflanzen vor einer zu weit gehenden Verdunstung schützen. Während demnach das Salz in der taufeuchten Nacht den Tamarisken, Frankenien und Reaumurien Wasser zuführt, schützt es dieselben tagüber gegen das Vertrocknen.

Zum Festhalten der Salzkristalle sind in der Umgebung der Saugzellen ganz ähnliche Papillen ausgebildet wie zum Festhalten der Kalkkruften an den Steinbrech- und Anthonlimonblättern. Auch sind die Blätter der mit Salzkristallen und Salzkruften überzogenen Pflanzen meistens mit kleinen Börstchen besetzt, an denen das Salz so festhängt, daß es selbst durch starkes Schütteln nicht leicht abgelöst werden kann.

So auffallend die Analogie zwischen der Ausbildung und Bedeutung von Kalkkruften und Salzkruften ist, so besteht doch ein wichtiger Unterschied darin, daß die Kalkkruften nicht gleich den Salzkruften die Fähigkeit haben, die Feuchtigkeit aus der Luft anzuziehen. Gerade

darauf ist aber ein besonderes Gewicht zu legen. In dem Ufergelände von Salzseen, wo besonders die Frankeniën und Tamarisken ihre Heimat haben, trocknet der Boden im Hochsommer so sehr aus, daß man kaum begreift, wie sich in ihm noch Pflanzen lebendig erhalten können. Auch in der Nähe der Meeresküste wird an vielen Orten Ähnliches beobachtet. Das Meereswasser dringt nicht weit über die Strandlinie in den Boden ein, und von einer Befechtung der den Strandpflanzen zur Unterlage dienenden Bodenschichten durch Grundwasser kann keine Rede sein. Wenn im Sommer monatelang der Regen ausbleibt, müßten diese Pflanzen selbst in nächster Nähe von Wasser an Wassermangel zugrunde gehen. Nur der Umstand, daß sie mit Hilfe der ausgeschiedenen Salze die Feuchtigkeit der Atmosphäre ausnutzen, macht ihr Gedeihen an diesen unwirtlichsten aller unwirtlichen Stellen möglich.

An vielen Pflanzen, die zeitweilig großer Trockenheit ausgesetzt sind, erscheinen die Enden der Zähne des Blattrandes zapfen- oder warzenförmig verdickt, dabei etwas glänzend und zeitweilig auch klebrig. Der Glanz und die Klebrigkeit rühren von einem harzig-schleimigen, häufig auch zuckerhaltigen, süß schmeckenden Stoffe her, welcher die Zähne überzieht und sich mitunter auch von den Zähnen hinweg noch weit einwärts über die obere Blattfläche als feine, firnisartige Schicht ausbreitet. Es wird dieser Überzug von eigenen Zellen ausgeschieden, welche sich in die Oberhaut der Blattränder gruppenweise einfügen und von den anderen Zellen der Oberhaut sofort dadurch unterscheiden, daß ihr Protoplasma bräunlich gefärbt ist und ihre Außenwand das Wasser leicht durchläßt. Die Ausscheidung der firnisartigen Schicht erfolgt zu der Zeit, wenn die ganze Pflanze von Saft strokt, also vorzüglich im Beginne der Vegetationszeit. Im Hochsommer trocknet der Firnis ein und bietet dann einen vortrefflichen Schutz gegen die Gefahr einer zu weit gehenden Verdunstung aus den von ihm bedeckten Zellen, zumal jenen Zellen an den Blatträndern, die ihn ausgeschieden haben. Wird diese eingetrocknete Firnis-schicht aber benetzt, so tränkt sie sich rasch mit Wasser und führt dann auch den von ihr überdeckten Zellen Wasser zu. Es kommt ihr daher eine ähnliche Bedeutung zu wie den Salzkrusten auf den Blättern der früher besprochenen Steppengewächse. Befuchtet vermittelt sie die Auffaugung von Wasser, eingetrocknet schützt sie gegen Verdunstung. Übrigens sei hier auch noch die Bemerkung eingeschaltet, daß die meisten der geschilderten Einrichtungen unter Umständen auch der Wasserausscheidung dienen können, worauf späterhin zurückzukommen sein wird.

Übrigens zeigen nicht etwa nur Stepppflanzen, sondern auch sehr viele Pflanzen, die auf dem sandigen, humusarmen Boden am Ufer der Bäche und Flüsse angesiedelt sind, Einrichtungen zur direkten Aufnahme atmosphärischen Wassers, so namentlich die Lorbeer- und Bruchweide, die Pappeln, der Schneeball, die Traubekirsche und noch viele andere. Auffallend ist, daß diese Einrichtungen vorzüglich an den Blättern von Bäumen, Sträuchern und hohen Stauden, die Inkrustation mit Kalk aber immer nur an niederen Gewächsen mit rosettenförmig auf dem Boden ausgebreiteten oder starren, nadelförmigen Blattgebilden beobachtet wird.

In manchen Fällen sind nur einige wenige Zähne des Blattrandes zu Saugvorrichtungen umgestaltet, und es ist dann immer vorgesorgt, daß Regen und Tau zu diesen Zähnen hingeleitet und von ihnen festgehalten wird. In dieser Beziehung kann die Eibe oder Zitterpappel (*Populus tremula*) als ein sehr hübsches Beispiel dienen. Dieser Baum hat bekanntlich zweierlei Blätter. Jene, welche von den Zweigen der Krone ausgehen, sind langgestielt und haben eine im Umrisse rundliche und am Rand etwas wellig gezähnte Spreite; die Blätter des Wurzelschößlings sind kürzer gestielt, ihre Spreite ist größer, fast dreieckig,

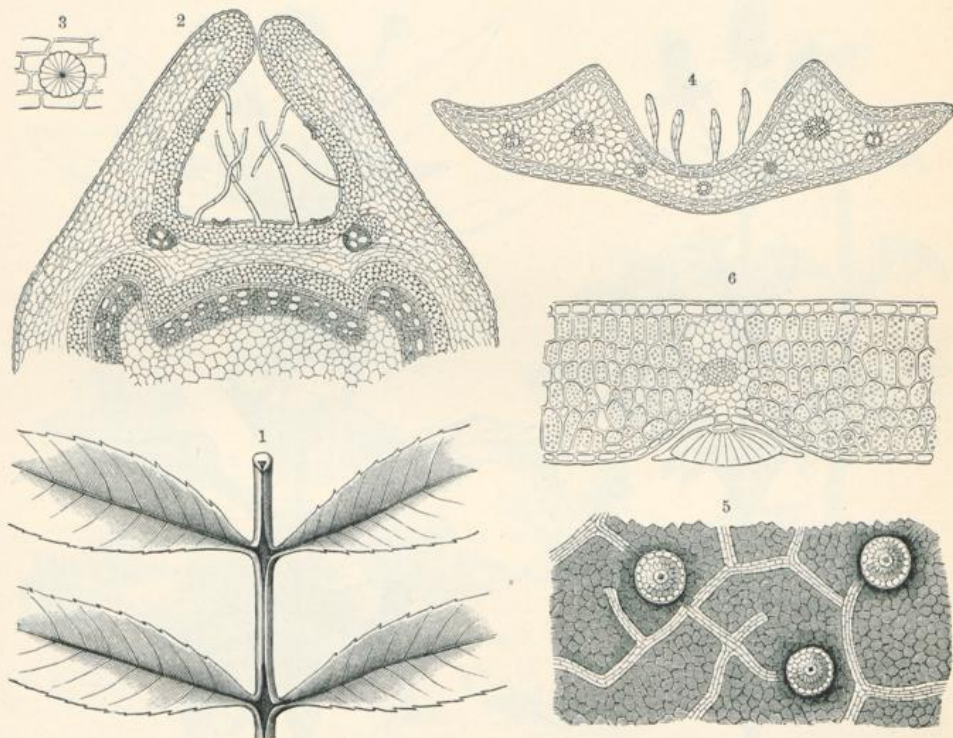
schräg aufwärts gerichtet, und das ganze Blatt ist so gestellt und sein Rand so gebogen, daß der herabfallende Regen, welcher die obere Seite trifft, gegen den Blattstiel herabfließen muß (s. Abbildung, S. 173, Fig. 1). Aber gerade an der Grenze der Blattspreite und des Blattstieles stehen zwei aus den untersten Blattzähnen hervorgegangene napfförmige Gebilde (s. Abbildung, S. 173, Fig. 2), und zwar so, daß jeder von der Blattspreite herabkommende Regentropfen die seichten Vertiefungen dieser beiden Näpfe treffen und sie mit Wasser füllen muß. Die Näpfe sind von brauner Farbe, haben die Größe eines Hirsekornes, und die Zellen ihrer Oberhaut sind mit einer dicken Kutikula versehen. Nur jene Zellen, welche die seichte Vertiefung des Napfes auskleiden, haben dünne Wandungen, und diese scheiden auch eine süß schmeckende, schleimig-harzige Substanz aus, die bei trockenem Wetter wie ein Firnis das Grübchen überzieht und jedenfalls auch die darunter befindlichen Zellen gegen eine nachteilige Wasserabgabe schützt. Mit Wasser in Berührung gesetzt, quillt aber dieser Überzug auf, das Wasser wird dann von den Zellen in der grubenförmigen Vertiefung aufgesogen und in die unter den Näpfen verlaufenden Gefäße (s. Abbildung, S. 173, Fig. 3) geleitet.

Ähnlich wie bei der Espe finden sich auch bei mehreren hohen Stauden, zumal aus der Gruppe der Korbblütler, Blattzähne an der Grenze von Blattstiel und Blattspreite ausgebildet, die als Saugvorrichtungen wirken. Bei einigen zieht sich überdies der Rand der grünen Blattspreite als ein schmaler Saum am weißlichen, rinnenförmigen Blattstiele herab, und es finden sich dann auch an diesem schmalen, grünen Saume längs der Rinne derlei Zähne ausgebildet. Bei *Telekia speciosa*, einer im südöstlichen Europa weitverbreiteten prächtigen Staudenpflanze, sind diese vom Rande der Blattstielrinne entspringenden zapfenförmigen oder keulenförmigen Zähne einwärts gekrümmt und überhaupt so gestellt, daß sie mit ihrer stumpfen Spitze in die Rinne hineinragen. Gerade an dieser stumpfen Spitze der Zähne finden sich aber Zellen mit sehr dünner, wasserdurchlassender Außenwand und mit wasseranziehendem Inhalt. Sobald nun Regenwasser von der Blattfläche her in die Rinne des Blattstieles fließt und diese anfüllt, werden die Spitzen der zapfenförmigen Zähne benetzt und saugen das Regenwasser auf.

An den Blättern mancher Pflanzen schließen die Ränder der rinnenförmigen Blattstiele nach oben zusammen, wodurch förmliche Kanäle gebildet werden. So ist z. B. der Stiel des Eschenblattes, der die paarweise angeordneten Teilblättchen trägt, an der oberen Seite mit einer Rinne versehen. Die durch ein sogenanntes Kollenchymgewebe befestigten Ränder dieser Rinne biegen sich auf und neigen sich über der Rinne zusammen. Dadurch entsteht ein Kanal, der nur dort auseinander klappt, wo von den dem Stiele seitlich aufsitzenden, dem Tropfenfall ausgesetzten Teilblättchen Regenwasser zufließt (s. Abbildung, S. 179, Fig. 1). Die haarförmigen sowohl als die schildförmigen Zellgruppen, die in den Rinnen und Kanälen ausgebildet sind (s. Abbildung, S. 179, Fig. 2 und 3), werden durch das zugeflossene Wasser nicht nur flüchtig benetzt, sondern, da sich dort das Wasser mehrere Tage nach dem Regen erhält, für diese Zeit in ein förmliches Wasserbad versetzt und können das Wasser sehr allmählich aufsaugen.

Bei vielen Gentianazeen, besonders auffallend bei dem großblumigen, stiellosen Enzian (*Gentiana acaulis*), bilden die kreuzweise gestellten, grundständigen Blattpaare eine Rosette (s. Abbildung, S. 181, Fig. 1). Der größere, vordere, dunkelgrüne Teil eines jeden Blattes ist flach und eben, nur die bleiche Basis ist rinnenförmig gestaltet. Dadurch, daß sich um diese Rinne herum das Gewebe des Blattes emporgewölbt, wird die Rinne noch mehr vertieft, und da alle Blätter der Rosette zusammengedrängt sind, erscheint die Rinne eines jeden tieferen Blattes von einer darüberstehenden Blattspreite bedeckt. In diesem versteckten Winkel

bleibt das in die Rinnen vom vorderen Teil des Blattes her zufließende Tau- oder Regenwasser längere Zeit stehen, ohne zu verdunsten, und daher haben Saugvorrichtungen für Wasser genügend Ruhe, es aufzunehmen. Als solche Saugvorrichtungen wirken im hintersten Winkel der Rinne lange, kolbenförmige, aus äußerst dünnwandigen Zellen zusammengesetzte Gebilde (s. untenstehende Abbildung, Fig. 4), und zwar so kräftig, daß abgeschnittene, etwas welke und an der Schnittfläche mit Siegellack verklebte Blätter, die mit Regenwasser übergoßen werden, binnen 24 Stunden nahezu 40 Prozent ihres Gewichts an Wasser aufnehmen.



Aufnahme von Wasser durch Laubblätter: 1 rinnenförmige Spindel eines Eichenblattes; 2 Durchschnitt durch dieselbe 30fach vergrößert; 3 eine schildförmige Zellgruppe aus der Rinne; 4 Durchschnitt durch die Basis eines Blattes vom stiellosen Enzian, 20fach vergrößert; 5 untere Seite eines Blattes der gewimperten Alpenrose, 20fach vergrößert; 6 Durchschnitt durch ein Blatt der gewimperten Alpenrose, 80fach vergrößert. (Zu S. 178 und 184.)

Ähnlich verhält es sich auch mit mehreren in den Tropen auf der Borke der Bäume mit Klammerwurzeln haftenden Bromeliaceen, deren rinnenförmige Rosettenblätter sich so decken und so gruppiert sind, daß ein förmliches System von Zisternen entsteht. Im Grunde jeder Zisterne befinden sich besondere Saargebilde, welche das Regenwasser auffaugen und nach den Stellen des Verbrauches hin abgeben.

Schließlich ist hier noch jener sonderbaren Becken im Bereiche der Laubblätter zu gedenken, in denen das angesammelte atmosphärische Wasser wochen-, ja monatelang stehen bleibt, ohne gegen die Verdunstung durch besondere Einrichtungen geschützt zu sein. An ihrer Bildung können alle Teile und Abschnitte des Blattes beteiligt sein. Bei *Saxifraga peltata* ist die Blattspreite schildförmig und bildet eine flache, mit der ausgehöhlten Seite dem Himmel



zugewendete Schüssel; bei der Moltebeere (*Rubus Chamaemorus*) kommt die Beckenbildung dadurch zustande, daß sich die Ränder der nierenförmigen Blattspreite wie zu einer Tüte übereinander legen; bei den Wintergrünarten, zumal bei *Pirola uniflora*, sind die über den grünen grundständigen Blättern folgenden blassen Stengelblätter in kleine Schüsselchen umgewandelt; bei einer Art Kardendistel, *Dipsacus laciniatus* (s. untenstehende Abbildung, Fig. 1), und bei dem nordamerikanischen *Silphium perfoliatum* (Fig. 2) sind die beiden scheidenförmigen Teile von je zwei und zwei gegenüberstehenden Blättern miteinander verwachsen und



Wasserbecken: 1 an einer Kardendistel, *Dipsacus laciniatus*; 2 an dem amerikanischen *Silphium perfoliatum*.

bilden trichterförmige, verhältnismäßig große und tiefe Becken, aus deren Mitte sich das darüber folgende Stengelglied erhebt. Bei mehreren Weidenrauten (*Thalictrum galioides*, *simplex* usw.) sind die gegenüberstehenden und fast wie die zwei Schalen einer Muschel zusammenschließenden Nebenblättchen zu Höhlungen ausgestaltet, welche das Wasser festhalten, und bei vielen Doldenpflanzen, namentlich bei *Heracleum* und *Angelica*, ist die Blattscheibe jedes einzelnen Blattes ausgebaucht oder wie aufgeblasen und bildet eine sackartige Umhüllung des darüberstehenden Stengelgliedes.

Diese Becken, Schalen und Schüsseln sind immer so gestellt, daß das Regen- und Tauwasser von den Blattflächen her oder über das aus ihrer Mitte aufragende Stengelglied zu den Vertiefungen geleitet wird. Ob von dem angesammelten Wasser in allen Fällen eine ausgiebige Menge aufgesogen wird, muß freilich bezweifelt werden. Die Blätter der

unten (Fig. 2) abgebildeten Alchimilla, an denen die Erscheinung so auffallend hervortritt, daß der Volksmund diese Pflanze Taubecher genannt hat, nehmen mit Hilfe der gerbstoffreichen Zellen im Grunde des Bechers verhältnismäßig nur wenig Wasser auf, und es werden hier durch Zurückhalten des Taus jedenfalls noch andere Vorteile erreicht. Für hohe Staudenpflanzen, besonders in den Prärien und Steppen, wo oft längere Zeit kein Regen fällt, könnte angenommen werden, daß das in den Becken angesammelte Wasser von den dort entwickelten Drüsenhaaren und dünnwandigen Oberhautzellen aufgenommen wird. Diese Annahme läßt



Haare und Blätter, welche Tau und Regen zurückhalten: 1 stielloser Enzian (*Gentiana acaulis*); 2 Taubecher (*Alchimilla vulgaris*); 3 Hühnerdarm (*Stellaria media*). (Zu S. 169, 178, 181 und 182.)

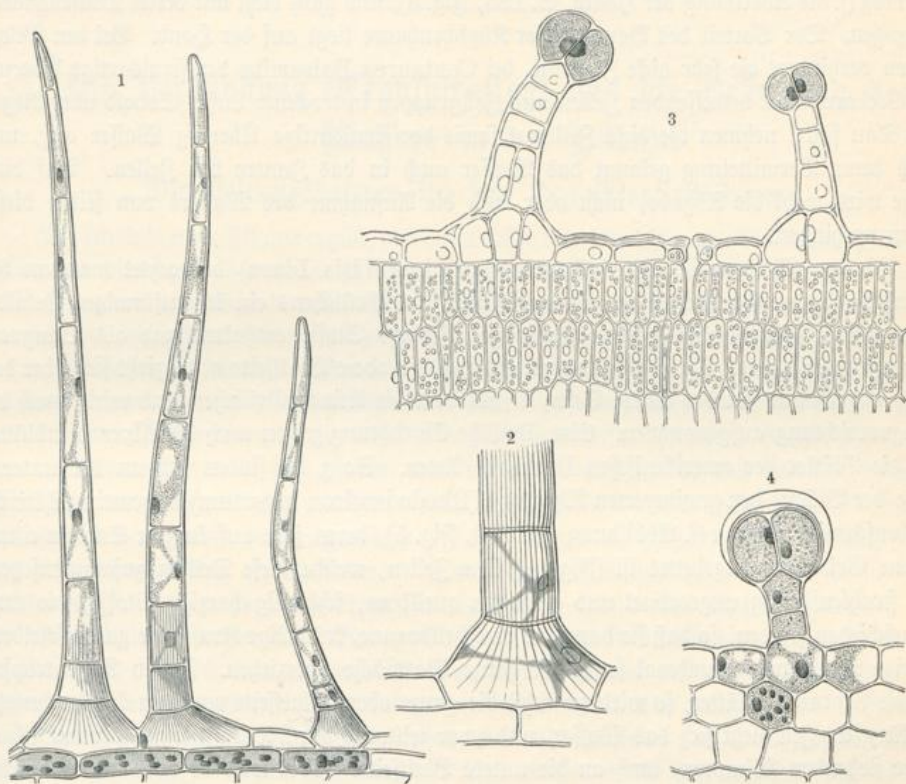
sich durch einen sehr einfachen Versuch stützen. Schneidet man einen Stengel des auf S. 180 abgebildeten Silphium unterhalb des zu einem Becken zusammengewachsenen Blattpaares ab und verklebt die Schnittfläche mit Siegellack, so daß durch den Stengel von untenher kein Wasser aufgenommen werden kann, und leert man nun das in dem Becken angesammelte Wasser aus, so werden die Blätter in kurzer Zeit welk und hängen schlaff herab; sobald man aber das Becken mit Wasser gefüllt läßt, erhalten sich auch die Blätter noch lange frisch und beginnen erst zu welken, wenn sämtliches Wasser des Beckens verdunstet und verschwunden ist. Gießt man Öl über das im Becken angesammelte Wasser, wodurch eine Verdunstung des letzteren verhindert wird, so sieht man nichtsdestoweniger eine stete Abnahme der das Becken erfüllenden Wassermasse, und es läßt sich daraus entnehmen, daß dieses Wasser wirklich von den im Grunde des Beckens befindlichen Saugzellen aufgenommen wird.

Von anderer Seite ist die Aufnahme des Wassers aus den Sammelbecken bei *Dipsacus silvestris* bestritten worden, obwohl auch hier beobachtet wurde, daß Pflanzen mit gefüllten Becken ihre Blätter wenigstens einige Tage frischer erhielten als solche ohne Wasseransammlung. Es ist wohl anzunehmen, daß selbst, wenn eine Wasseraufnahme aus dem Becken bei dieser Pflanze nicht nachweisbar wäre, doch das verdampfende Wasser die über dem Becken stehenden Stengelteile mit einer feuchteren Atmosphäre umgibt. Auffallend ist die ungeheure Menge von Drüsen, welche die Beckeninnenseite enthält (bei *Dipsacus silvestris* über 4000). Diese scheiden fadenförmige Schleimmassen ab, die das Wasser schleimig machen. Es könnte auch, wie einige Beobachtungen möglich erscheinen lassen, die Wasseransammlung in dem Becken einen Schutz der Pflanzen gegen Schnecken- und Raupenfraß bedeuten, die, wenn man die Becken durchlöchert und trocken legt, häufig schnell über die Blätter herfallen, die sie sonst nicht ersteigen können. Jedenfalls müssen solche auffallende Einrichtungen in einer oder der anderen Richtung für die Pflanzen von Bedeutung sein. Die Frage nach dem „Warum“ einer biologischen Einrichtung ist oft mehrfach und daher schwer befriedigend zu beantworten und ist deshalb in einzelnen Fällen nicht wissenschaftlich. Das „Wie“, d. h. die Tatsache, bleibt aber immer in ihrer eigenartigen Form interessant.

Während Haarbildungen bei manchen Pflanzen, namentlich vielen Tropengewächsen, als wasserauscheidende Organe dienen, worauf S. 169 hingewiesen ist, kommen auch Fälle vor, wo solche Hydathoden in beschränktem Maße Wasser aufnehmen können, wobei sie dann häufig wieder auf Blättern entstehen. Diesen Haaren kommt, abgesehen von anderen Funktionen, in vielen Fällen unzweifelhaft auch die Bedeutung von Saugorganen zu. Man kann von ihnen zwei Gruppen unterscheiden: erstens solche, deren unterste Zellen, und zweitens solche, deren oberste Zellen Wasser auffaugen. Daß nur die untersten Zellen solcher Haare zu Saugzellen werden, wurde an *Alfredia cernua*, *Salvia argentea* und mehreren anderen Steppenpflanzen beobachtet. Auch an der weitverbreiteten *Stellaria media*, welche unter dem deutschen Volksnamen „Hühnerdarm“ bekannt ist, wurde Ähnliches gesehen. An den Gliedern des Stengels dieser Pflanze finden sich Leisten aus dicht aneinander gereihten Haaren, die von Knoten zu Knoten herablaufen. Gewöhnlich zeigt nur eine Seite des Stengels eine solche Haarleiste, und diese endigt immer dort, wo an den knotenförmigen Verdickungen des Stengels zwei gegenständige Blätter entspringen. Die Stiele dieser Blätter sind etwas rinnenförmig und an den Rändern mit Haaren wie von Wimpern besetzt. Die Haarleisten an den Stengelgliedern werden von dem Regenwasser leicht benetzt und halten auch ziemlich viel Wasser fest. Was sie nicht mehr zurückhalten können, leiten sie nach abwärts zu den bewimperten Ansatzpunkten der nächst tieferen beiden Blätter, wo dann das Wasser durch die Wimpern förmlich getragen wird und sich zu einem den Stengelknoten umgebenden Wasserring ansammelt (s. Abbildung, S. 181, Fig. 3). Wird auch diese Wasseransammlung so umfangreich und so schwer, daß sie durch die Wimpern nicht mehr festgehalten werden kann, so gleitet der Überschuß an der einseitigen Haarleiste des nächsten Stengelgliedes zu dem tieferen Blattpaare hinab. Nach einem Regen sieht man daher jeden Knoten des Stengels, von dem Blätter ausgehen, wie von einem Wasserbad umgeben, und auch die Haarleisten sind so von Wasser erfüllt, daß sie einer Kante aus Glas ähnlich sehen. Sämtliche Zellglieder eines jeden Haares sind mit Protoplasma und Zellsaft erfüllt, aber nur die untersten, sehr verkürzten Zellen sind wirklich als Saugzellen tätig. Sie ziehen das Wasser an, und diese Zellen erlangen, wenn sie in trockener Luft etwas erschlafft waren, was sich durch das Entstehen feiner streifenförmigen Falten der Kutikula an

der äußeren Zellwand zu erkennen gibt (s. untenstehende Abbildung, Fig 1 und 2), nach erfolgter Benetzung ihren Turgor wieder, wodurch auch die feinen Falten an der Oberhaut sofort geglättet werden. Die oberen Zellglieder des Haares, obschon sie eine schwächere Kutikula besitzen, scheinen dagegen kein Wasser aufzusaugen und der Speicherung des Wassers zu dienen.

Häufiger kommt es vor, daß die obersten Zellen eines gegliederten Haares als Saugzellen ausgebildet sind. Gewöhnlich ist dann die oberste Zelle kugelig oder ellipsoidisch und größer als die anderen, oder sie hat sich in zwei oder vier oder noch mehr



1 Stengelhaare von *Stellaria media*, 110fach vergrößert; 2 unterste Zellen dieser Haare, 200fach vergrößert; 3 Köpfchenhaare von *Centaurea Balsamita*, 150fach vergrößert; 4 Köpfchenhaare von *Pelargonium lividum*, 150fach vergrößert.

Zellen geteilt, welche zusammengenommen ein Köpfchen darstellen, das von den unteren Zellen wie von einem Stiele getragen wird (s. obenstehende Abbildung, Fig. 3 und 4). Man nennt solche Gebilde in der botanischen Kunstsprache Köpfchenhaare oder Drüsenhaare. Der Inhalt der Zellen des Köpfchens ist meistens dunkel gefärbt, und die Zellhaut läßt das Wasser, das von dem Zellinhalte mit großer Energie angezogen wird, leicht passieren. Manchmal ist zwar die Zellhaut ziemlich dick, sobald aber Wasser mit ihr in Berührung kommt, wird die äußere Schicht der Zellhaut abgehoben; auch die tieferen Schichten quellen auf, und durch diese gequollenen Schichten gelangt das Wasser in das Innere der Zelle. So verhält es sich z. B. bei vielen *Pelargonien* und *Geranien*, deren Köpfchenzellen bei jeder Wasseraufnahme einen förmlichen Häutungsprozeß durchmachen (s. obenstehende Abbildung, Fig. 4). An anderen Pflanzen

ist die Wand dieser Köpfcenzellen zu allen Zeiten dünn, und nicht nur der Zellinhalt besteht aus einer gummiartigen, klebrigen Masse, sondern auch die äußere Seite der Wand ist mit einer ausgeschiedenen klebrigen Schicht überzogen. In vielen Fällen breitet sich dann die von dem Köpfcen ausgeschiedene klebrige Masse über die ganze Oberfläche des Blattes aus, so daß sich dieses ganz klebrig anfühlt und wie mit Firnis überzogen erscheint. Manche in Felsrigen wurzelnde Pflanzen sowie auch nicht wenige staudenförmige Steppenpflanzen, für welche als Beispiel die in den persischen Hochsteppen vorkommende *Centaurea Balsamita* gewählt sein mag (s. die Abbildung der Haare, S. 183, Fig. 3), sind ganz dicht mit derlei Drüsenhaaren überzogen. Der Vorteil des Baues dieser Köpfcenhaare liegt auf der Hand. Bei den Belaragonien verhindert die sehr dicke Zellhaut, bei *Centaurea Balsamita* der firnisartige Überzug das Verdorren der betreffenden Zellen und Zellgruppen in trockener Luft. Sobald aber Regen oder Tau fällt, nehmen die dicke Zellhaut sowie der firnisartige Überzug Wasser auf, und durch deren Vermittelung gelangt das Wasser auch in das Innere der Zellen. Auf diese Weise wird wohl die Abgabe, nicht aber auch die Aufnahme des Wassers von seiten dieser Zellen verhindert.

An den Blättern der Preiselbeere (*Vaccinium Vitis Idaea*) beobachtet man an der Unterseite kleine Grübchen und in der Mitte jedes Grübchens ein keulenförmiges Gebilde, dessen kleine, dünnwandige Zellen schleimige, klebrige Stoffe enthalten und als Saugvorrichtungen tätig sind. Das Regenwasser, welches die obere Blattseite neigt, zieht sich über den Rand des Blattes an die untere Seite, erfüllt dort die kleinen Grübchen und wird durch die Saugvorrichtung aufgenommen. Eine ähnliche Einrichtung zeigen auch die Alpenrosenblätter und die Blätter der amerikanischen *Bacharis*-Arten. So z. B. finden sich an der unteren Seite der Blätter der gewimperten Alpenrose (*Rhododendron hirsutum*) ungemein zahlreiche scheibenförmige Drüsen (s. Abbildung, S. 179, Fig. 5), deren jede auf kurzem Stiel in einem kleinen Grübchen eingebettet ist (Fig. 6). Die Zellen, welche diese Drüsen zusammensetzen, sind strahlenförmig angeordnet und enthalten quellbare, schleimig-harzige Stoffe, die auch ausgeschieden werden, so daß sie dann als eine hellbraune, krümelige Kruste die ganze scheibenförmige Drüse und manchmal sogar die ganze Blattfläche überziehen. Fallen Regentropfen auf die Alpenrosenblätter, so wird zunächst die ganze obere Blattseite von dem Wasser benetzt. In kürzester Zeit zieht sich das Wasser, und zwar teilweise durch Vermittelung der am Blattrande stehenden Wimpern, auch an die untere Blattseite. Dort wird es von der erwähnten krümeligen Kruste aufgenommen, und diese quillt sofort auf. Aber auch die Grübchen, in denen die Drüsen sitzen, füllen sich mit Wasser, und jede Drüse ist jetzt in der Lage, nach Bedarf Wasser aufzusaugen. Da die Drüsen regelmäßig über den Gefäßbündeln des Blattes ausgebildet sind (s. Abbildung, S. 179, Fig. 6), so kann das aufgesogene Wasser auch in kürzester Zeit durch diese zu den Stellen des Verbrauches hingeleitet werden. Sobald die Blätter der Alpenrosen wieder trocken werden, bildet auch die harzig-schleimige Masse über den Drüsen wieder eine trockene Kruste und schützt die zartwandigen Zellen der Drüsen gegen eine zu weit gehende Verdunstung.

Diese in ihrer Mannigfaltigkeit recht merkwürdigen Erscheinungen der Wasserausscheidung und Auffaugung von auf Blättern gebildeten kleinen Organen, die bei mehreren hundert Pflanzenarten beobachtet und beschrieben sind, erklären sich durch die besonderen Bedingungen, unter denen solche Pflanzen leben. Namentlich die Aufnahme der kleinen Wassermengen durch Hydathoden kann wohl einem augenblicklichen Bedürfnis der betreffenden

Pflanze genügen, spielt aber niemals die Hauptrolle bei der Wasserversorgung. Diese geht allgemein bei im Boden wurzelnden Pflanzen vom Wurzelsystem aus, aber es ist, da die Verbrauchsorte des Wassers von den Wurzeln entfernt liegen, leicht einzusehen, daß es mit der bloßen Aufnahme des Wassers aus dem Boden nicht getan ist. Vielmehr muß das Wasser nun seinen Weg durch die Pflanze antreten, und indem wir uns jetzt diesen Vorgängen zuwenden, betreten wir eines der wichtigsten Kapitel der Pflanzenphysiologie.

## 5. Die Verdunstung (Transpiration) und die Bewegung des Wassers in der Pflanze.

### Die Leitungsbahnen für den Transpirationsstrom.

Die Analyse einer Pflanze ergibt, daß das Wasser dem Gewicht nach alle übrigen Pflanzenbestandteile überragt, aber wenn die Pflanze dementsprechend viel Wasser aufnehmen muß, so ist es zunächst überraschend, daß sie die größte Menge des mühsam aufgenommenen Wassers gar nicht bei sich behält, sondern in jedem Momente davon wieder einen Teil von ihren oberirdischen Organen in die Luft verdunsten läßt. Von dieser Verdunstung kann man sich leicht überzeugen, wenn man eine im befeuchteten Boden wurzelnde Pflanze unter den nötigen experimentellen Vorsichtsmaßregeln mit einer Glasglocke überdeckt. An deren Wand schlägt sich, wenn die Temperatur nicht hoch ist oder man die Glocke abkühlt, bald das von den Blättern der Pflanze verdunstete Wasser nieder und fließt schließlich in Tropfen zusammen. Diese Verdunstung ist eine Arbeit, die bei größeren Pflanzen oder einer größeren Genossenschaft einen ganz erheblichen Betrag erreichen kann. Eine kräftige Tabakpflanze oder eine mannshohe Sonnenrose kann schon im Laufe eines Julitages 800—1000 ccm Wasser aufnehmen und aus ihren Blättern verdunsten. Eine große Birke mit 200 000 Blättern verdunstet täglich durchschnittlich 60—70 Liter, an heißen trocknen Tagen natürlich viel mehr als an kühlen und feuchten, während des ganzen Sommers verdunstet sie 7000 Liter Wasser; eine 110jährige Buche 9000 Liter und ein Wald von Buchen, der 400 Stämme auf einem Hektar enthält, müßte das gewaltige Quantum von 3600 000 Liter Wasser an die Luft abgeben. Nadelhölzer verdunsten wegen des Baues ihrer Blätter 7—10mal weniger als Laubhölzer.

Läßt man eine Pflanze ihr Wasser so verdunsten, daß man diesen Vorgang sehen kann, wie bei dem oben empfohlenen Versuch unter einer Glasglocke, so könnte man wohl glauben, die Wasserverdunstung der Pflanzenorgane sei im wesentlichen dasselbe wie die Verdunstung von Wasser aus einem offenen Gefäß oder die eines angefeuchteten Tuches, das man auf dem Rasen ausbreitet; denn wir beobachten, wenn wir der Pflanze kein Wasser wieder zuführen, z. B. einen abgeschnittenen belaubten Zweig auf dem Tische liegen lassen, daß er alles Wasser an die Luft abgibt und vollständig vertrocknet.

Das Studium lebender Pflanzen ergibt aber, daß sie in ganz anderer Weise verdunsten wie ein toter feuchter Gegenstand, nämlich, daß ihre Wasserabgabe durch die Zellen vor sich geht und durch diese in ganz eigenartiger Weise geregelt wird. Wegen der Verschiedenheit der pflanzlichen Verdunstung von der gewöhnlichen physikalischen Erscheinung der Verdampfung von Wasser hat man für erstere die Wortbezeichnung *Transpiration* angenommen.

Bei allen Pflanzen, höheren wie niederen, soweit sie an der Luft leben, ist eine Transpiration vorhanden. Bei untergetaucht lebenden Wasserpflanzen fällt sie natürlich fort. Bei den höheren Pflanzen ist nun der Umstand in die Augen springend, daß das Wasser, ehe es aus den Blättern transpiriert wird, oft einen langen Weg zurücklegen muß. Können doch die Eukalyptusbäume Australiens, die Mammutbäume Kaliforniens nahezu 100 m hoch werden, und solche Höhen muß der innere Wasserstrom in diesen Pflanzen erklimmen, um hoch oben in der Krone wieder verdampft zu werden. Das erscheint im ersten Augenblick als eine ganz sinnlose Einrichtung. Aber sie ist es nicht, wenn wir uns erinnern, daß sich von der Wurzel bis zum Gipfel nicht reines Wasser bewegt, sondern daß, in diesem aufgelöst, die von der Wurzel aufgenommenen Bodensalze und die in der Pflanze entstandenen Zuckerarten, Eiweißstoffe und andere organische Verbindungen vom Wasser nach allen Orten des Verbrauchs verbreitet werden. Die festen Stoffe sollen in der Pflanze bleiben und Verwendung finden; das Transportmittel, das Wasser, ist, nachdem es seine Arbeit getan, überflüssig und verdunstet in die Luft. Dieser fortwährende und niemals ruhende Transpirationsstrom, der durch die Pflanze geht, dient also der Ernährung und ist eine der notwendigsten Lebenserscheinungen der Pflanze. Da es sich nun nicht um den Transport reinen Wassers, sondern einer wenn auch sehr dünnen Lösung chemischer Verbindungen handelt, so nennt man diese Flüssigkeit wohl auch den „Saft“ oder „Nahrungssaft“ und spricht vom „Saftsteigen“. In der Botanik hat man diese älteren Ausdrücke fallen lassen und spricht in den Lehrbüchern allgemein von der „Wasserbewegung“ in der Pflanze. Das sei zur Aufklärung erwähnt; um so mehr als auch hier der Ausdruck Wasser für den Nahrungssaft abwechselnd gebraucht wird.

Wenn sich ein Wasserstrom in der Pflanze bewegen soll, muß er bestimmte Wege einschlagen, und nach diesen müssen wir uns zunächst umsehen. Wie in einem früheren Kapitel erläutert wurde, besteht der Pflanzenkörper im wesentlichen aus geschlossenen Zellen. Es entstehen wohl auch aus Zellen offene Röhren, aber keine Pflanze ist, wie etwa das Tier durch sein Blutgefäßsystem, mit einem offenen Röhrensystem für die Leitung des Wassers ausgerüstet. Darum hat es auch verhältnismäßig lange gedauert, bis man die Leitungsbahnen in der Pflanze aufgefunden hat, und man ist auch heute über sie noch lange nicht so im klaren, als es für eine ausreichende Einsicht erwünscht wäre. Das Verständnis der Saftbewegung ist besonders deshalb schwierig, weil keine der physikalischen Möglichkeiten derselben zu dem anatomischen Bau der Pflanze stimmen will. Daher sind denn auch heute unsere Vorstellungen vom Saftsteigen noch recht unvollkommen.

Als Leitungsbahnen hat man die Gefäßbündel erkannt, die, von der Wurzel durch den Stengel verlaufend, sich in den Blättern als Adernetz auf das feinste verzweigen und in ein unendlich fein zerteiltes Netz kleiner Stränge auflösen, die blind zwischen den Zellen des Blattgewebes endigen. In den Baumstämmen und Sträuchern bilden sich die Gefäßbündel zu den bekannten zusammenhängenden Holzzylindern aus. Daß bei den Bäumen wirklich das Holz den Transpirationsstrom leitet, zeigen zur Genüge alte Bäume, deren Stamm längst hohl geworden, deren Mark also verwittert und herausgefallen ist, die auch der Rinde an ihrer Basis zum Teil beraubt worden sind, und die doch weiterleben. In den Ölbaumplantagen am Gardasee, deren eine auf der beigehefteten Tafel „Olivenhain am Ufer des Gardasees“ abgebildet ist, sieht man häufig Bäume, deren unterster Stamnteil nicht nur entrindet und ausgehöhlt, sondern auch mehrfach durchlöchert und durchbrochen ist, so daß der obere Teil des Baumes wie auf zwei Stelzen ruht und mit dem Boden nur durch die aus Holzzellen



Olivenhain am Ufer des Gardasees.





und Gefäßen zusammengesetzten, nach abwärts in die Wurzeln übergehenden Stelzen verbunden ist. Und dennoch sind diese Obäume noch lebenskräftig, treiben alljährlich neue Zweige und Blätter, blühen und fruchten und decken ihren Bedarf an Nahrung aus dem Boden durch Zuflüsse, die nach aufwärts keinen anderen Weg als den durch das Holz dieser Stelzen haben. Es wurde übrigens auch durch Versuche der Nachweis geliefert, daß die Bündel aus Holzzellen und Gefäßen, welche im Stamme der Bäume und Sträucher zu einem zwischen Mark und Rinde eingeschalteten Holzzylinder zusammenschließen, der Leitung des rohen Nahrungsaftes dienen. Wird an einem belaubten Bäumchen, dessen Blätter jeden Augenblick Wasser verdunsten, aber von untenher mit Wasser versorgt werden, ein ringförmiges Stück der Rinde des Stammes abgelöst, so wird dadurch der Zufluß des Wassers in die Blätter nicht unterbrochen; die Blätter bleiben prall und krafft.

Die Holzzellen oder Tracheiden stellen in die Länge gestreckte Kammern von durchschnittlich 1 mm Länge und 0,05—0,1 mm Weite dar; ihre Wände sind ungleichmäßig verdickt und zeigen entweder schraubig an der Innenwand angeordnete einfache Tüpfel oder sogenannte Hoftüpfel, welche auf S. 44 abgebildet und ausführlich beschrieben wurden. Die Holzgefäße sind röhrenförmig, im Verhältnis zu ihrer Weite, die immer nur Bruchteile eines Millimeters beträgt, sehr lang, durchziehen ohne Unterbrechung Stengel, Zweige und Blätter, und es ist auch möglich, daß sie sich bei kleinen Erdpflanzen von der Wurzelspitze bis zum obersten Ende der Achse erstrecken. Sie sind aus reihenweise übereinander geordneten Zellen dadurch hervorgegangen, daß die Zwischenwände dieser Zellen aufgelöst wurden. Die Wände der Holzgefäße zeigen neßförmige oder vorspringende Leisten oder gleichfalls gehöfte Tüpfel. Wenn die Kammern und Röhren des Holzes mit allen ihren Hoftüpfeln und den aussteifenden Leisten vollkommen ausgebaut sind, so verschwinden die lebendigen Protoplasten, welche den Ausbau besorgten, aus den Stätten ihrer Tätigkeit. Es fehlt daher in den fertigen Holzzellen und Holzröhren an dem lebendigen protoplasmatischen Inhalte. Sie vermögen dann nicht mehr weiterzuwachsen, und es kommt in ihnen auch niemals zu jenem Zustande des gegenseitigen Druckes von Wand und Inhalt, wie er in von lebendigen Protoplasten bewohnten Zellräumen beobachtet wird, und den man Turgor genannt hat.

Ehemals glaubte man, daß die Holzgefäße und die verholzten Zellen der Durchlüftung dienten und daß sie den Atmungsorganen der Insekten, den sogenannten Tracheen, zu vergleichen seien, was auch zu der Bezeichnung Tracheen und Tracheiden Veranlassung gab.

In den Wänden der Holzzellen sowohl als auch der Holzröhren ist Holzstoff (Lignin) eingelagert. Damit scheint es zusammenzuhängen, daß dieselben weit weniger quellbar sind als die Wände von Zellen, welche vorwiegend aus Zellstoff bestehen. Die Menge des Wassers, das zwischen die Molekülgruppen der verholzten Wände eindringt, und mit dem sich diese Zellwände tränken, ist vergleichsweise sehr gering; andererseits wurde ermittelt, daß dieses eingedrungene Wasser durch die verholzten Wände der Zellkammern und Röhren viel rascher geleitet wird als in den nicht verholzten, vorwiegend aus Zellstoff gebildeten Wänden.

Bei weitem ausgiebiger als in den verholzten Wänden könnte zweifellos die Bewegung des Saftes im Inneren der Holzröhren und Holzzellen stattfinden. Im Gegensatz zu der erwähnten früheren Meinung, daß diese Innenräume nur der Durchlüftung dienen, ist man jetzt der Ansicht, daß gerade diese Innenräume die Hauptbahnen des rohen Nahrungsaftes sind, obwohl diese Ansicht nicht ganz ohne Einwände dasteht. Daß die Leitung dieses Saftes in den röhrenförmigen Gefäßen rascher als durch die viel kürzeren Holzzellen erfolgt, versteht sich allerdings

von selbst, allein das Holz der Nadelbäume enthält überhaupt keine Gefäßröhren. Der durch die Holzzellen strömende Saft muß aber unzähligemal durch die eingeschalteten Querwände filtrieren. Diese Filtration wird nun allerdings durch die Hoftüpfel, mit denen die Holzzellen so regelmäßig ausgestattet sind, gefördert; denn durch die unendlich zarte Haut, die zwischen den beiden Höfen ausgespannt erscheint (s. Abbildung, S. 44, Fig. 2), kann der Saft wahrscheinlich durchpassieren. Die Hoftüpfel machen den Eindruck von Klappenventilen und scheinen zur Regelung der Saftströmung zu dienen, indem sie das rasche Zurücksinken des bis zu einer gewissen Höhe gehobenen Saftes verhindern. Je mehr sich die Strombahnen des Nahrungssaftes den Stellen nähern, an denen die Verdunstung stattfindet, desto einfacher werden die saftleitenden Stränge, indem die Gefäße in ihnen immer spärlicher werden. Die Enden der ganzen Saftleitungsanordnung bestehen ausschließlich aus einem Gefäß, dessen Wände durch schraubenförmige, nach innen vorspringende Leisten ausgesteift sind. Zwischen jedem solchen Ende und den verdunstenden Zellen sind dann noch einige parenchymatische Zellen mit lebendigem protoplasmatischem Inhalt eingeschaltet, während die Röhren und Kammern der Leitungsbahnen kein lebendes Protoplasma enthalten.

Zimmerhin erscheinen alle diese anatomischen Einrichtungen nicht so zweckmäßig nach unseren Begriffen, um das Saftsteigen leicht begreiflich zu machen. Wir stoßen aber noch auf eine andere Schwierigkeit. Bei hohen Bäumen handelt es sich darum, das Wasser der Schwerkraft entgegen senkrecht auf beträchtliche Höhen zu heben. Dazu brauchte ein Mensch Muskelkraft, indem er das Wasser in jene Höhe hinausträgt oder indem er Maschinen, Pumpen anwendet. Wie macht es die Pflanze, diese gewaltige Arbeitsleistung ohne jede sichtbare Druck- oder Hebevorrichtung in aller Stille zu vollführen, als ob es sich von selbst verstände und das physikalische Gesetz der Schwere für sie nicht existierte? Wir müssen also auch untersuchen, durch welche Kräfte das Saftsteigen in diesen Leitungsbahnen veranlaßt wird. Darüber sind im Laufe der Jahrzehnte verschiedene Meinungen ausgesprochen worden.

### Der Wurzeldruck.

Schon im 18. Jahrhundert hat man das Saftsteigen aus Vorgängen zu erklären versucht, welche sich in den Wurzeln abspielen. Es ist bekannt, daß die parenchymatischen Zellen der Wurzeln einen Inhalt besitzen, der infolge seiner chemischen Affinität zu dem Wasser des Nährbodens dieses mit großer Kraft anzieht, oder mit anderen Worten, daß das Bodenwasser durch Endosmose in das Innere dieser Pflanzenzellen gelangt. Infolgedessen nimmt der Inhalt dieser Zellen an Masse zu, es wird dadurch von innen her ein Druck auf die Zellwand ausgeübt, die Zelle wird durch den inneren Wasserdruck in einen Zustand versetzt, den man Turgeszenz genannt hat. Dieser innere Druck kann nun einen verschiedenen Erfolg haben. Erstens könnte der Fall eintreten, daß der Druck des Zellinhaltes die Kohäsion der Zellwand überwiegt, und daß infolgedessen die Zellwand zerreißt und der Zellinhalt aus dem gebildeten Riß austritt. Das sieht man an gewissen Zellen des Blütenstaubes oder Pollens, wenn man sie mit reinem Wasser in Verbindung bringt; die Zellen nehmen im Verlauf von einer oder zwei Sekunden so viel von dem zugefügten Wasser auf, daß sie den doppelten Umfang erreichen; aber noch immer saugt der Zellinhalt Flüssigkeit auf, die Zellwand kann endlich dem Drucke nicht weiter widerstehen und platzt, der Inhalt, von dem der Druck ausgegangen,

strömt dann im Nu aus dem Risse hervor und verteilt sich in dem umgebenden Wasser. Zweitens kann man sich vorstellen, die Zelle sei in ihrem ganzen Umfange so gebaut, daß sie dem Wasser zwar den Eintritt, nicht aber auch den Austritt gestattet, daß also der Zellinhalt zwar Wasser aufsaugt, eine Filtration des aufgenommenen Wassers nach außen aber nicht stattfindet. Gesezt den Fall, es würde dabei die Zellhaut, entsprechend ihrer Elastizität, dem Drucke des Zellinhaltes zwar nachgeben, es würde aber die Elastizitätsgrenze nicht überschritten werden, so müßte es zu einem Zustande der Spannung kommen, in dem der gegenseitige Druck des Zellinhaltes und der Zellhaut sich das Gleichgewicht halten. So verhalten sich auch im allgemeinen die Zellen; der in ihnen herrschende Druck ist ein osmotischer Druck. Dieser Druck allein würde jedoch noch zu keiner Wasserbewegung führen. Es ist aber auch noch ein dritter Fall möglich. Angenommen, der Filtrationswiderstand der Plasmahaut der Zelle wechselte, so müßte bei zunehmendem Drucke des Zellinhaltes auf die Zellwand Flüssigkeit durch die filtrationsfähige Haut hindurchgepreßt werden, und zwar desto mehr und desto energischer, je größer die Affinität des Zellinhaltes zum Wasser des Nährbodens wäre. Dieser Fall wird bei einigen Schimmelpilzen, namentlich an dem so häufig auf Fruchtsäften sich einstellenden Köpfschimmel und dem zierlichen, auf Dünger wachsenden *Pilobolus*, aber auch an dem Myzelium des Hausschwammes beobachtet. Von dem unteren, dem Nährboden aufliegenden Teile der schlauchförmigen Zellen wird Flüssigkeit mit großer Energie aufgesogen, und aus den oberen, frei in die Luft ragenden Teilen derselben Zellen wird Flüssigkeit durch die Zellwand hinausgepreßt. Diese oberen Enden der Zellen des Myzeliums erscheinen dann wie mit kleinen Taupföpfchen besetzt, und bei dem Hausschwamme vereinigen sich die Tröpfchen sogar zu Tropfen von recht ansehnlicher Größe. Grenzt eine solche Zelle, welche auf der einen Seite Flüssigkeit aufnimmt, mit ihrer anderen, die Flüssigkeit durchlassenden Seite an eine zweite Zelle, so kann von dieser die ausgepreßte Flüssigkeit aufgenommen werden, und für den Fall, daß diese zweite Zelle die Gestalt einer Röhre besitzt, kann der eingepreßte Saft immer höher und höher steigen, ja sogar von der nachdrängenden Flüssigkeit durch filtrationsfähige Häute anderer Zellen durchgepreßt werden. Ein so entstehender aufwärts gerichteter Saftstrom wird sich vorzüglich dorthin richten, wo der geringste Widerstand herrscht, und wenn daher das Zellengewebe, in dem sich der hier geschilderte Vorgang abspielt, mit Gefäßen durchsetzt ist, welche mit oberflächlichen Poren in Verbindung stehen, so kann die Flüssigkeit schließlich aus diesen Poren in Tropfenform hervortreten, was tatsächlich an den schon (S. 169—172) ausführlich besprochenen Pflanzen, deren Blätter mit sogenannten Wasserpalten versehen sind, vorkommt.

Wenn nun ein Stengel, in welchem das aus dem Nährboden herkommende Wasser aufwärts steigt, nicht zu weit über dem Boden durchschnitten wird, so sieht man an der Schnittfläche Saft in Form von Tropfen hervorquellen. In vielen Fällen ist die Menge dieses an den Schnittflächen hervorgepreßten Saftes erstaunlich groß. Auf Java werden gewisse lianenartige, die feuchten Wälder bewohnende *Cissus*-Arten geradezu als vegetabilische Quellen benutzt; aus den durchschnittenen Reben fließt nämlich so reichlich wässriger Saft hervor, daß man sich damit in kürzester Zeit einen Becher vollfüllen und ihn als erfrischenden, relativ kühlen Trunk benutzen kann. Auch mehrere *Araliaceen* liefern einen trinkbaren Saft. Einige in Indien einheimische, als vegetabilischer Born benutzte Arten haben darum auch den Namen „Pflanzenquelle“ (*Phytocrene*) erhalten (z. B. *P. gigantea* und *bracteata*). Wenn man den ganz jungen Blütenstamm der *Agave Americana*, jener mexikanischen Pflanze, welche

in den europäischen Gärten unter dem Namen der hundertjährigen Aloe kultiviert wird, quer durchschneidet, so fließen binnen 24 Stunden ungefähr 365 g und in einer Woche über 2500 g Saft hervor. Die Mexikaner sammeln diesen Saft und gewinnen daraus, indem sie ihn gären lassen, das berauschende Volksgetränk, die Pulque. Sehr reichlich ist auch die Menge des ausfließenden Saftes an den Weinstöcken. Eine 2 $\frac{1}{2}$  cm dicke Rebe, 1 $\frac{1}{2}$  m über dem Boden quer durchschnitten, lieferte innerhalb einer Woche über 5 kg Saft. Aus dem durchschnittenen Stamm einer Rose floss in einer Woche über 1 kg Saft hervor. Auch aus den Ahornen und Birken quillt verhältnismäßig viel Saft hervor, wenn man die Stämme 1 m über dem Boden abschneidet oder anbohrt. Nach neueren Beobachtungen scheint jedoch das Ausfließen von Saft aus verwundeten Baumstämmen, das auch noch bei der Dattelpalme, der Zuckerpalme und der Kokospalme zur Gewinnung des Saftes künstlich hervorgerufen wird, nicht mit dem Wurzeldruck zusammenzuhängen, sondern eine pathologische Reaktion der durch die Verwundung gereizten Gewebe zu sein.

Man hat den Druck, unter dessen Einflusse der Saft aus den Schnittflächen der Reben und anderer Pflanzenstengel hervorgepreßt wird, Wurzeldruck genannt. Um die Größe dieses Druckes zu ermitteln, wurde schon zu Anfang des 18. Jahrhunderts ein sinnreicher Versuch angestellt. Man schnitt im Frühling eine astlose Rebe von Fingersdicke 80 cm über der Erde ab und befestigte auf dem zurückgebliebenen Stumpf eine gebogene Glasröhre in der Weise, daß das eine Ende derselben genau auf den Querschnitt des Stumpfes paßte, worauf die Glasröhre mit Quecksilber gefüllt wurde. Durch den Saft, welcher aus der Schnittfläche hervorquoll, wurde nun das Quecksilber gehoben, und zwar innerhalb weniger Tage um 1120 mm. Bekanntlich ist aber das Gewicht einer Quecksilbersäule von 760 mm gleich dem Gewicht einer Luftsäule von der Höhe der Atmosphäre oder einer Wassersäule von ungefähr 10,3 m, und es ist daher der Druck, mit welchem der Saft aus der Rebe hervorgepreßt wird, beträchtlich größer als der einer Atmosphäre und einer Wassersäule von der angegebenen Höhe. Auf Grund dieser Zahlen wurde berechnet, daß der Saft durch den von den saugenden Zellen der Wurzel ausgehenden Druck 15,2 m emporgehoben werden kann. Begreiflicher Weise ist der Druck in den unteren Teilen eines Stammes am größten und nimmt nach oben zu allmählich ab, auch ist der durch ihn erzeugte aufsteigende Saftstrom nicht gleichmäßig, sondern zeigt tägliche, ja selbst stündliche Schwankungen. Weiterhin wurde beobachtet, daß die Menge des ausgeflossenen Saftes, abgesehen von den erwähnten Schwankungen, bald nach dem Durchschneiden des Stammes im Frühling am größten ist, dann allmählich geringer wird, bis schließlich im Sommer das Ausfließen ganz aufhört. Die Größe des Druckes und die Menge des durch die Saugkraft der Zellen emporgepreßten Saftes wechseln auch nach der Individualität der Pflanzen. Bei den rebenartigen Gewächsen scheint der Druck am größten zu sein. In dem Stengel des Fingerhutes gleicht er dem Druck einer Quecksilbersäule von 461, in dem Stengel der Nessel von 354, im Stengel des Mohnes von 212, im Stengel einer Bohne von 159 und im Stamme des weißen Maulbeerbaumes von 12 mm Höhe.

Dem anfangs Gesagten zufolge stellt man sich also die Wirkung des Wurzeldruckes so vor, daß die Saugzellen an den Wurzelenden und die Zellen des Wurzelkörpers als Saug- und Druckpumpen wirksam sind, und daß der Saft, welcher aus dem Stammstumpfe der Weinreben, Sonnenrosen, Balsaminen usw. zum Vorschein kommt, durch einen Druck von untenher emporgehoben wird. Da das Volumen des am Querschnitte des Stammstumpfes

ausfließenden Saftes das Volumen des ganzen Wurzellkörpers, einschließlich des Stammstumpfes, bedeutend übertrifft, und da das Ausfließen längere Zeit anhält, kann dasselbe nicht nur eine einfache Entleerung der mit Saft erfüllten Gefäße und Zellen des Stammstumpfes und der Wurzeln sein; es müssen die Wurzelhaare und Zellen des Wurzelgewebes auch nach dem Durchschneiden des Stammes noch mit großer Energie Wasser der umgebenden Erde entziehen und durch die Leitungsbahnen emporpressen.

Nachdem durch solche Versuche erwiesen ist, daß in mehreren Fällen der Saft bis zur Höhe von ungefähr 15 m emporgepreßt wird, könnte daran gedacht werden, daß in Gewächsen, welche diese Höhe erreichen, der Wurzeldruck genügt, um die grünen Gewebe der Zweige und Blätter mit dem rohen Nahrungssaft zu versorgen. Für hohe Bäume würde der Wurzeldruck freilich nicht ausreichen. Aber auch für niedere Bäumchen, Sträucher und Stauden wäre diese Kraft unzulänglich; denn wenn man den belaubten Stamm einer Pflanze nahe über der Wurzel abschneidet und in Wasser stellt und dann nachsieht, wieviel derselbe an Wasser aufgenommen und durch die Leitungsbahnen zu den verdunstenden Blättern geführt hat, und wenn man damit die Menge des Saftes vergleicht, welche durch den in der Erde zurückgebliebenen Stumpf emporgepreßt wird, so ergibt sich, daß im gleichen Zeitraume viel mehr Wasser durch Verdunstung verbraucht wird, als durch den Wurzeldruck allein hätte geliefert werden können. Auch darf nicht unberücksichtigt bleiben, daß im Sommer, also zur Zeit, wenn der größte Wasserbedarf in den grün belaubten Zweigen ist, an dem abgeschnittenen Stumpf häufig kein Emporpressen von Saft durch Wurzeldruck beobachtet wird, so daß zu dieser Zeit andere Kräfte in Wirksamkeit treten müßten.

Der Wurzeldruck allein ist also nicht imstande, das Saftsteigen zu erklären, aber immerhin eine sehr merkwürdige, wissenschaftlich interessante Erscheinung. Dagegen haben wir oben das Auspressen von Wassertropfen bei kleineren Pflanzen bei gehinderter Verdunstung durch den Wurzeldruck wohl erklären können (S. 169).

### Der Luftdruck, die Haarröhrchenwirkung (Kapillarität) und die Quellung oder Imbibition der Zellwände.

Da in den Zellen der Leitungsbahnen neben dem Saft regelmäßig auch verdünnte Luft vorhanden ist, hat man das Saftsteigen auch mit dem Luftdruck in Verbindung zu bringen gesucht. So wie in einer offenen Röhre, welche bis zur Hälfte in Wasser steht, die Wassersäule in dem Maße steigt, als die Luft im oberen Teile der Röhre verdünnt wird, könnte auch infolge der Verdünnung der Luft in den oberen Teilen der Leitungsbahnen ein Saftsteigen veranlaßt werden. Aber der Luftdruck könnte das Wasser nur 10 m hoch heben.

Auch die Haarröhrchenwirkung oder Kapillarität wurde wiederholt zur Erklärung des Saftsteigens herangezogen. Man stützte sich dabei auf folgende Beobachtungen. Wenn der Stamm eines Baumes über den Wurzeln durchschnitten und dadurch der Einfluß des Wurzeldruckes beseitigt wird, und wenn man dann das untere Stammende in eine Flüssigkeit stellt, so steigt diese bis zu verschiedenen Höhen empor. Werden Weidenzweige nahe ihrem oberen Ende durchschnitten und umgekehrt in Wasser gesenkt, so erfolgt das Saftsteigen in umgekehrter Richtung, d. h. entgegengesetzt jener Richtung, welche der Saft unter natürlichen Verhältnissen einhalten würde. Das Saftsteigen erfolgt selbst dann, wenn die zu den

Bersuchen benutzte Flüssigkeit Stoffe enthält, die erfahrungsgemäß die lebenden Zellen töten, oder wenn die zu den Bersuchen verwendeten Zweige durch siedendes Wasser vorher gebrüht wurden. Die Wirkung lebender saugender Zellen ist unter diesen Umständen ausgeschlossen, vielmehr ist durch diesen Bersuch bewiesen, daß auch getötete Zellen in ähnlicher Weise wie lebende Zellen saugend auf Flüssigkeiten wirken können.

Man hat diese Erscheinungen aus der Adhäsion des Saftes an die Wände der Leitungsbahnen erklären und auf bloße Haarröhrchenwirkung zurückführen wollen. Aber von einer Haarröhrchenwirkung oder Kapillarität im herkömmlichen Sinne kann wohl nicht die Rede sein, da die Kapillarität gar nicht ausreicht, um die von den Pflanzen geforderten Steighöhen zu überwinden. Endlich wurde man auch auf die Fähigkeit der Zellwände hingelenkt, Wasser zwischen ihre Moleküle aufzunehmen, zu imbibieren oder zu quellen. Die Holzzellwände enthalten in friischem Zustande große Mengen imbibierten Wassers. Auf das Saftsteigen hat die Imbibition ohne Zweifel einen gewissen Einfluß. Mit der Durchtränkung der Zellwände im Gewebe der Blätter ist nämlich eine Saugwirkung verbunden, die den Saft in den Leitungsbahnen zu bedeutenden Höhen emporzuheben vermag. Aber es erscheint sehr schwierig, wenn auch alle Zellwände mit Wasser durchtränkt sind, die Fortbewegung des Wassers innerhalb der Zellwände zur Deckung des Transpirationsverlustes zu erklären. So hat denn auch die Imbibitionstheorie heute keine überzeugten Anhänger.

### Die Transpiration.

Nächst den bisher besprochenen Kräften wird als Triebkraft für die Bewegung des Wassers in den Pflanzen auch die Transpiration selbst angesehen. Man versteht unter Transpiration die Abgabe von dunstförmigem Wasser von der lebenden Pflanze an die umgebende Luft. Durch die Transpiration muß der Zellinhalt der wasserabgebenden Zellen konzentrierter werden, und die konzentrierte Lösung hat die Fähigkeit, flüssiges Wasser aus der Umgebung, d. h. den Nachbarzellen, anzuziehen. Schließen zwei Zellen aneinander, deren Säfte denselben Konzentrationsgrad besitzen, und kommt nur eine in die Lage, Wasser zu verdunsten, so wird dadurch der bisherige Gleichgewichtszustand zwischen beiden gestört. Es herrscht aber stets das Bestreben, das Gleichgewicht wiederherzustellen, und daher nimmt die Zelle, deren Säfte durch Verdampfung des Wassers konzentrierter geworden sind, wässerige Flüssigkeit aus der Nachbarzelle auf. Denkt man sich nun eine Kette saftreicher Zellen, welche durch filtrationsfähige Wände miteinander verbunden sind, in der Weise verbunden, daß nur das oberste Endglied der Kette an die atmosphärische Luft angrenzt, so wird der durch Verdunstung konzentrierter gewordene Saft dieser obersten Zelle zunächst auf die unmittelbar angrenzende tiefere Zelle eine Saugwirkung ausüben. Indem aber dieser zweiten Zelle Flüssigkeit entzogen wird, erfährt auch ihr Inhalt eine Konzentration, und sie übt infolgedessen auf die dritte, diese in ähnlicher Weise auf die vierte, fünfte, sechste Zelle und endlich auf die wasserzuführenden Gefäßbündel nach abwärts bis zur wasserlaufnehmenden Wurzel eine saugende Wirkung aus. Man stellt sich vor, daß auf diese Weise zahllose Ausgleichsströmungen zwischen den benachbarten Zellen entstehen, welche so lange, als die mit der atmosphärischen Luft in Berührung stehenden obersten Zellen Wasser verdunsten, niemals zu einem wirklichen vollständigen Ausgleiche führen, sich vielmehr zu einem einzigen

aufwärts gerichteten Ströme vereinigen, den man Transpirationsstrom genannt hat. Die Quelle des Transpirationsstromes ist das von den Wurzeln aufgenommene Bodenwasser, seine Bahn bilden die Gefäßbündel oder das Holz, und sein Ziel und seine Richtung wird durch die Lage der verdunstenden Zellgewebe, namentlich der Laubblätter, bestimmt.

Aber auch gegen diese Erklärung, die man durch Versuche mit in Glasröhren und verdunstenden porösen Substanzen oder in Membranen eingeschlossene Lösungen zu stützen suchte, wurden mannigfache Bedenken geltend gemacht. In den Leitungsbahnen werden, wie schon früher erwähnt, neben dem Saft regelmäßig auch Luftblasen beobachtet. Wenn aber in röhrenförmigen Gefäßen die Flüssigkeitssäulen durch Gasblasen vollständig unterbrochen sind, so wird dadurch ein Zug von obenher auf die unter den Gasblasen befindlichen Teile des Saftes nahezu aufgehoben. Vielleicht ist diese Unterbrechung aber nur eine scheinbare. Die Verhältnisse in den Leitungsbahnen der Pflanzen sind denn doch wesentlich verschieden von jenen in Glasröhren, die man bei experimentellen Studien benutzte. Einerseits ist die Adhäsion des Saftes an den Wänden der Zellen und Gefäße eine andere als an den Wänden einer Glasröhre, und dann bietet auch der Bau der Gefäße, zumal derjenigen, welche nicht zylindrisch, sondern prismatisch sind, und in deren Hohlräume schraubenförmige Verdickungen leistenförmig vorspringen, die Möglichkeit, daß sich zwischen den Luftblasen und der Innenwand der Leitungsröhren eine dünne Saftsicht befindet, welche die Flüssigkeitssäulen oberhalb und unterhalb der Luftblase verbindet, so daß in Wirklichkeit eine vollständige Unterbrechung der Flüssigkeit nicht stattfindet. Wenn aber infolge der großen Adhäsion des Saftes an sämtlichen die Leitungsbahnen begrenzenden Wänden und infolge des eigentümlichen Baues der Leitungsbahnen die Kohäsion der wässerigen Flüssigkeit erhalten bleibt und sich der Saft zwischen den Luftblasen und der Wand bewegen kann, so könnte auch die von den verdunstenden Zellen ausgehende Kraft eine hebende Wirkung ausüben und das Saftsteigen von den Wurzeln bis zu den Blättern bewirken.

Wichtig ist aber ein gegen diese Erklärung erhobener Einwurf. Wenn nach Ablauf des Winters der Nahrungsaft in reichlicher Menge in die Wipfel der Ahorne, Buchen, Birken und anderer Laubhölzer emporsteigt, so sind deren Zweige nicht belaubt, und es kann daher von einer Verdunstung aus grünen Blättern überhaupt noch keine Rede sein. Manche Forscher haben daher angenommen, daß mit den Leitungsbahnen Zellen in Verbindung stehen, deren Inhalt ähnlich jenem der Saugzellen der Wurzeln als Saug- und Druckpumpen wirksam ist, daß also die lebenden Zellbestandteile des Holzes die eigentlichen Motoren bei der Wasserbewegung seien. Solche Zellen könnten den Nahrungsaft, der durch den Wurzeldruck in die untersten Stockwerke einer Pflanze gelangt, in immer höhere Stockwerke bis zu den Gipfeltrieben der Lianen und den obersten Zweigen in den Kronen hoher Bäume emporheben. Es würde also an Stelle der unausgesetzten Saugwirkung eine osmotische Druckkraft treten. Allgemein versorgen sich im Herbst, zur Zeit der Einwinterung, sowie in den tropischen Gegenden bei Beginn der trockenen Periode die Markstrahlen in den Stämmen der Bäume und Lianen mit Stoffen, welche in der nächsten Vegetationszeit osmotische Wirkung ausüben. Dadurch würde es erklärlich, daß im Frühling in den noch unbelaubten Bäumen und Reben ein starker Saftaustrieb stattfindet, und daß das Wasser sogar zu Gipfeltrieben von 100 m langen Lianen, welche am Schlusse der vorhergegangenen Vegetationszeit ihr Laub abgeworfen haben, hinaufgeleitet wird. Auch wäre verständlich, wie es kommt, daß der Saft, der den Bohrlöchern am Stamme noch nicht vollständig belaubter



Ahorn-, Buchen- und Birkenbäume entströmt, nicht nur aus Wasser und den in diesem gelösten mineralischen Stoffen besteht, sondern Zucker und andere organische Verbindungen enthält, welche zur Zeit des Laubfalles, wenn auch in anderer Form, in die Markstrahlen entlang der Strombahn gelangten, dort aufgespeichert wurden und nun wieder in den aufsteigenden Saft übergehen. Bei dieser Ansicht würde dann der durch osmotisch wirksame Zellen in die Höhe getriebene Saft in die Gefäßbündel nur hineingetrieben und diese stellten dann gewissermaßen nur ein passiv wirksames Röhrensystem vor.

Aus allen diesen Erörterungen über das Saftsteigen geht hervor, daß in den obersten Teilen der Leitungsbahnen, welche zunächst an die verdunstenden Zellen angrenzen, der Zustrom des Nahrungssaftes unter allen Umständen durch die Transpiration in den grünen Geweben der belaubten Zweige veranlaßt wird. Ob aber der Einfluß der Transpiration bis zu den Anfängen der Leitungsbahnen in den Wurzeln zurückreicht, ist zweifelhaft. Ebenso ist es zweifelhaft, ob das Saftsteigen in den tieferen Regionen der Leitungsbahnen durch den Wurzeldruck, Luftdruck oder auch durch Haarröhrchenwirkung und Durchtränkung unterstützt wird, ob irgendwelche Kombinationen dieser Kräfte mit dem Transpirationsstrom stattfinden, und ob vielleicht in den verschiedenen Vegetationsperioden ein Wechsel der Triebkräfte eintritt.

Wir haben absichtlich hier einmal die theoretischen Ansichten erörtert, die man an einen wichtigen Lebensvorgang angeknüpft hat, um zu erläutern, wie schwierig die Erklärung der Lebensvorgänge auch dann noch bleibt, wenn man mit der Anwendung physikalischer Gesetze und mit dem Mikroskop an sie herantreten kann.

Nach der Ansicht hervorragender Pflanzenphysiologen ist das Saftsteigen, wenigstens jenes in den Stämmen hoher Bäume, durch die bekannten physikalischen Kräfte allein kaum zu erklären. Wir wissen heute nicht, wie die Pflanze es anfängt, die Schwerkraft in solcher, den Naturgesetzen scheinbar widersprechenden Weise zu überwinden. Das kann uns aber nicht veranlassen, an den aus Beobachtungen der Natur von uns abgeleiteten Regeln, die wir etwas trocken Naturgesetze nennen, irre zu werden und Hilfe in der Annahme unbekannter Lebenskräfte zu suchen. Wenn unsere Erklärungen bei den lebendigen Wesen so viel häufiger versagen, wie in der Physik, so wollen wir nicht vergessen, daß unser noch keine hundert Jahre altes methodisches Studium der Lebenserscheinungen gar nicht erwarten läßt, daß wir schon weiter wären in der Aufdeckung solcher feiner und im Verborgenen verlaufender physikalisch-chemischer Vorgänge. Wer in ganz unbegründeter Mutlosigkeit fürchtet, dieser Weg führe nicht weiter und sich daher lieber okkulten Kräften, wie einer „Lebenskraft“, zuwendet, gleicht dem Bergsteiger, der, bei dem Anblick der gewaltigen Tiefen von Schwindel ergriffen, seinen festen Stab von sich wirft und die leeren Hände zum Berggeist erhebt, flehend, er möge ihn retten. Der aber läßt ihn mitleidlos in die Tiefe fallen.

Viele Lebensrätsel beruhen darauf, daß die physikalisch-chemischen Energieformen in den aus Zellen aufgebauten Pflanzenkörpern andere Resultate erzeugen als in der einfacheren unbelebten Natur. Hier lassen sich die Vorgänge meist leicht trennen und erkennen, im lebendigen Körper aber greifen sie meist innig ineinander, und die Erscheinungen sind zusammengesetzt und beeinflusst, ohne daß uns die Analyse immer möglich wird. So sehen wir, daß aus noch nicht erkennbaren Gründen derselbe Vorgang des Saftsteigens bei den verschiedensten Pflanzen zeitlich verschieden sein kann. In einem Gewächshause des Wiener botanischen Gartens stehen nebeneinander in derselben Erde und unter ganz gleichen Verhältnissen der Feuchtigkeit, des Lichtes und der Wärme *Strychnos Nux vomica*, *Kigelia*

africana, *Antiaris toxicaria*, *Jatropha multifida*, *Adansonia digitata*, *Brownia grandiceps* usw. Die ersten drei werfen ihre Blätter alljährlich im Januar ab. Bei *Strychnos* beginnt das Saftsteigen und die Entwicklung der Blattknospen schon im Februar, bei *Kigelia* und *Antiaris* erst im März. *Jatropha multifida* und *Adansonia digitata* werfen ihre Blätter schon im November ab; bei *Jatropha* beginnt das Saftsteigen schon im März, bei *Brownia* im April und bei *Adansonia* erst im Mai. Zur Erklärung dieser Individualität würde uns die „Lebenskraft“ nicht im geringsten helfen.

Man hat auch die Geschwindigkeit des Transpirationsstromes gemessen, aber wir würden uns bei näherem Eingehen auf diese Versuche zu sehr auf das Gebiet der rein experimentellen Physiologie begeben. Es möge jedoch hervorgehoben werden, daß die Geschwindigkeit des Wasserstromes bei den Pflanzenarten außerordentlich verschieden ist. Wo viel Wasser oberflächlich verdunstet, wird auch viel Wasser nachzuliefern sein, und in Bahnen, welche zu stark transpirierenden, umfangreichen Blattflächen hinführen, wird sich die Flüssigkeit rascher bewegen als in Leitungsvorrichtungen, welche in einem grünen Gewebe münden, das nur wenig und langsam transpiriert. In der Kiefer mit den starren, wenig verdunstenden Nadeln bewegt sich der aufsteigende Nahrungsast in seinen Bahnen tatsächlich um vieles schwerfälliger als im Ahorn, dessen flache Blätter große Mengen von Wasser in Dampfform abgeben. Die rascheste Leitung aber beobachtet man an Kletter- und Schlingpflanzen, deren Stengel bei der mäßigen Dide von einigen Zentimetern eine Länge von über 100 m erreichen können, an jenen seltsamen, unter dem Namen Rotang bekannten Kletterpalmen, deren Stämme sich in schlängelförmigen Krümmungen zu den Wipfeln der höchsten Bäume hinaufziehen und dort oben im Sonnenschein ihre Blätter entfalten. Man kennt Kletterpalmen, deren Stengel eine Länge von 180 m zeigen, und die, wenn sie in vielfach gewundenem Laufe die Höhe der Baumkronen erreicht haben, sich dort gerade aufrichten und die großen Fiederblätter ganz so wie geradschäftige Palmen ausbreiten. Die Abbildung auf S. 196 zeigt im Hintergrunde den Rand eines Waldes, an dessen Bäumen sich einzelne Exemplare einer solchen Rotangart emporgezogen haben. Viele Stunden des Tages mögen vergehen, wo wegen bewölkten Himmels und wegen großer Feuchtigkeit der Luft die Transpiration aus den hoch oben in den Kronen anderer Bäume sich breit machenden Blättern eine äußerst geringe ist; bei kräftig wirkendem Sonnenschein und starker Erwärmung der Blätter aber wird dann eine gewaltige Menge von Wasserdampf in kurzer Zeit an die Luft abgegeben werden müssen. Diese Wassermenge soll ersetzt werden, und zwar rasch, noch dazu durch Vermittelung eines über 100 m langen und nur einige Zentimeter dicken Stammes. Damit das möglich wird, muß alles, was die rasche Fortbewegung des Wassers und der in demselben gelösten Nährstoffe auf dem langen Wege hindern könnte, besonders die Widerstände in den leitenden Röhren, möglichst beseitigt werden. Die Fortbewegung von Flüssigkeiten wird aber in einem Kanale desto mehr erschwert und verlangsamt, je enger dieser ist, weil dann von der durchgeleiteten Flüssigkeit verhältnismäßig viel an der inneren Fläche des Kanals adhärirt, und es ist daher zur Erzielung einer raschen Fortbewegung nötig, diese Adhäsion auf das notwendigste Maß zu beschränken. Das geschieht aber am einfachsten durch Erweiterung des Kanals, weil dadurch die adhäririerende Fläche im Verhältnis zur größeren Masse der durchgeleiteten Flüssigkeit verkleinert wird. In der Tat findet man in den Stämmen der Kletterpalmen relativ sehr weite Röhren, durch die eine große Menge von Flüssigkeit in kurzer Zeit von den Wurzeln zu den transpirierenden Blattflächen befördert werden könnte, die ja in Wirklichkeit auch befördert wird. Die Kletterpalme

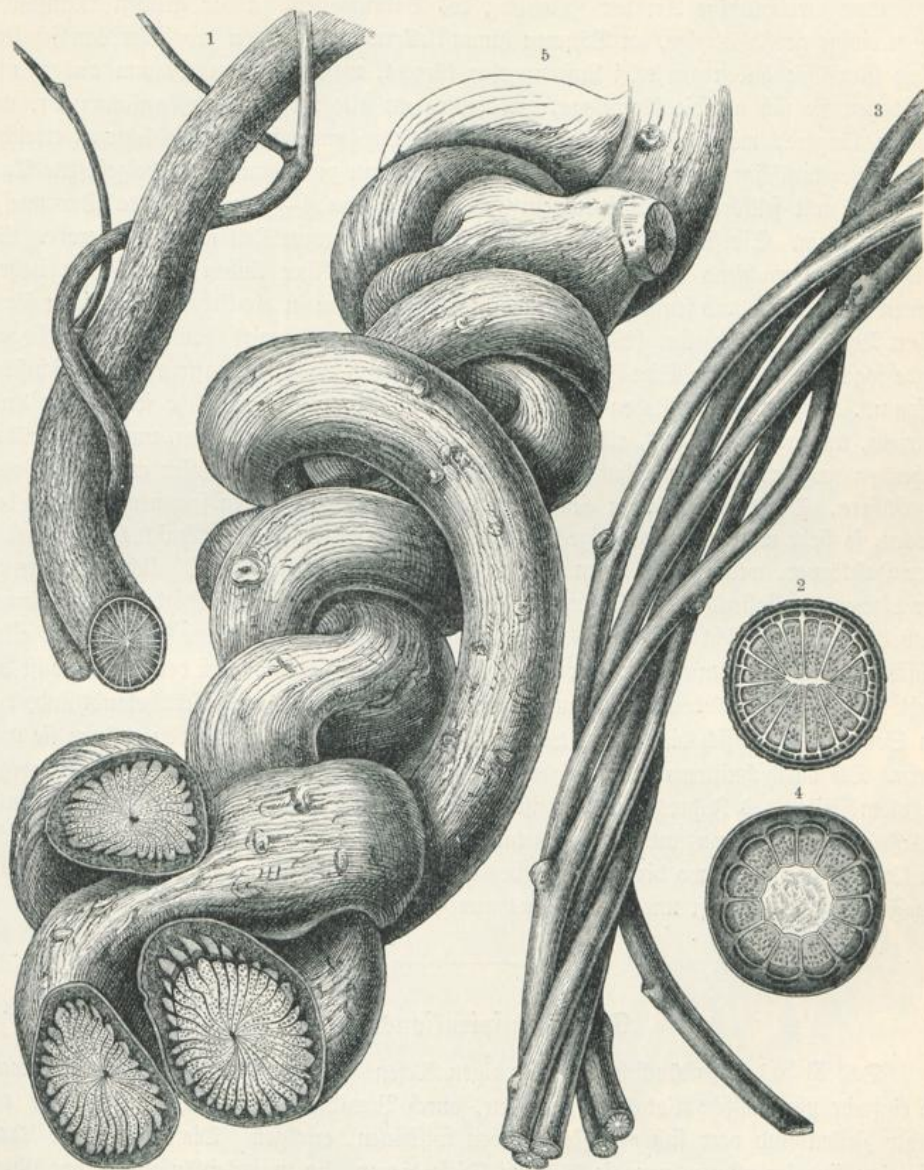
*Calamus angustifolius* zeigt Leitungsröhren von mehr als  $\frac{1}{2}$  mm und die in der untenstehenden Abbildung dargestellte Rotangart von nahezu  $\frac{1}{2}$  mm Durchmesser.



Indische Kletterpalmen (Rotang). Nach einer Photographie. (Zu S. 105.)

Was hier von den Rotang- oder Kletterpalmen gesagt ist, gilt auch von allen anderen unter dem Namen Lianen bekannten Schling- und Kletterpflanzen, und zwar sind ihre

Gefäßröhren um so weiter, je größer der Umfang der verdunstenden Blattflächen ist, und je länger die Stämme sind, in denen die Leitungsbahnen verlaufen. Bei sehr vielen Lianen



Lianen: 1 Ausschnitt aus dem Stengel einer tropischen Aristolochia; 2 Querschnitt durch eine lianenartige Aristolochia; 3 Menispermum Carolinianum; 4 Querschnitt durch den windenden Stengel dieses Menispermum (vergrößert); 5 Ausschnitt aus einer im tropischen Walde gesammelten Asclepiadacee in natürlicher Größe.

kann man die Mündungen der Gefäße mit freiem Auge deutlich erkennen, wie das z. B. an der in natürlicher Größe oben abgebildeten Liane (Fig. 5) und den Querschnitten (Fig. 2 und 4) der Fall ist. Eine Weite von  $\frac{1}{3}$  mm ist bei den Passifloren und Aristolochiaceen und

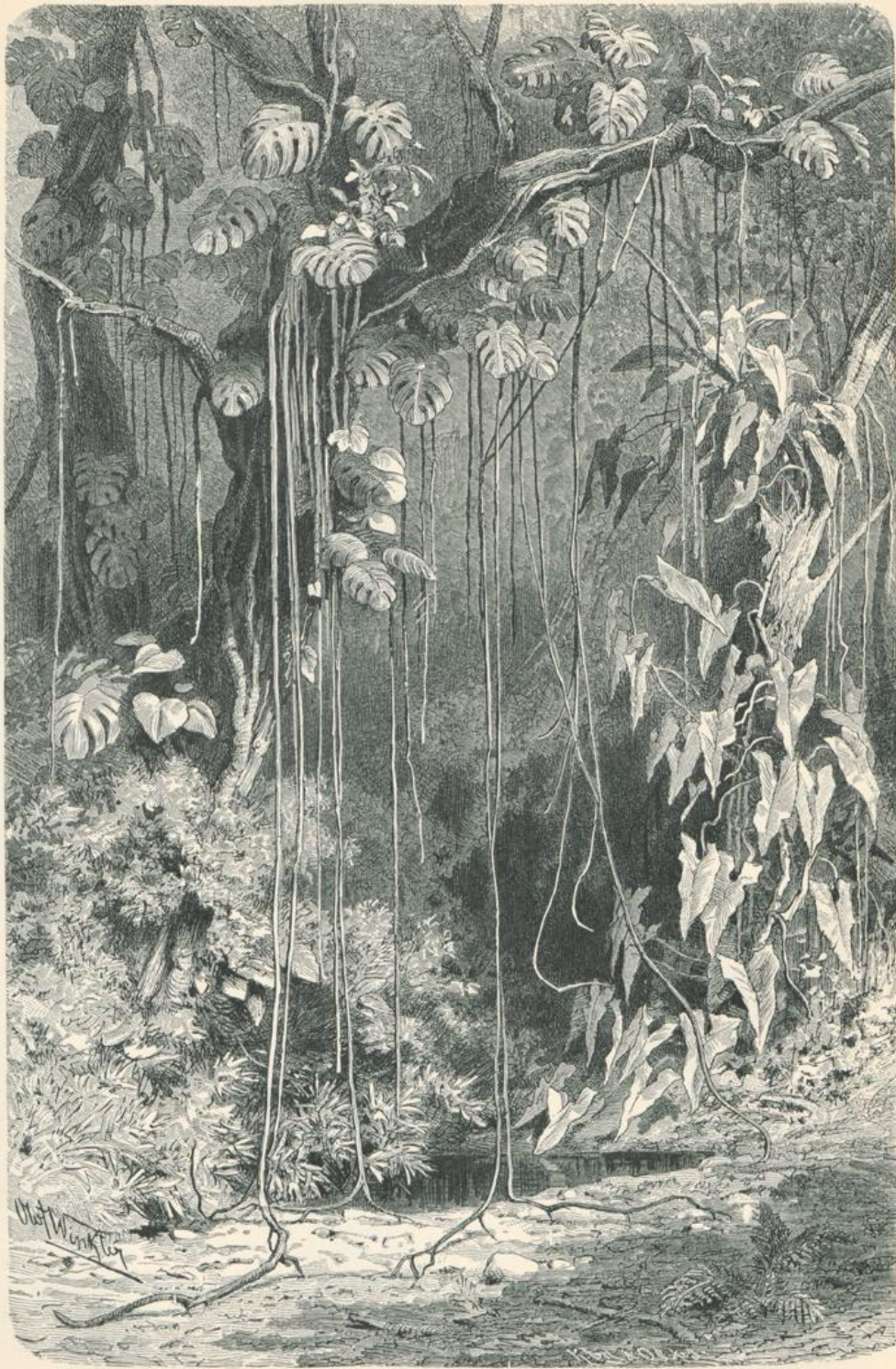
überhaupt bei den meisten Schling- und Kletterpflanzen keine Seltenheit, und an manchen Lianen hat man sogar einen Durchmesser von 0,7 mm beobachtet.

Eine merkwürdige Art der Zuleitung des Bodenwassers zu den grünen Blattflächen zeigen einige großblättrige, an Bäumen hinaufkletternde Aroideen tropischer Landschaften. Diese Gewächse haben zweierlei Luftwurzeln: kürzere, wagerecht vom Stamm ausgehende, mit denen sie sich an die Unterlage, gewöhnlich an alte Baumstrünke, anklammern, und sodann längere, welche wie Stricke lotrecht zur Erde herabgehen. Diese letzteren erreichen an der mexikanischen *Torneia fragrans* (*Philodendron pertusum*; s. die beigeheftete Tafel „Aroideen mit seilförmigen Luftwurzeln“) die Länge von 4—6 m und den Durchmesser von 1—2 cm. Sie sind gleichmäßig dick, braun, glatt, unverästelt und ganz gerade. Sobald sie herabwachsend den Boden erreichen, biegen sich ihre Enden unter einem nahezu rechten Winkel um und senden eine Menge Seitenwürzelchen in die Erde, die in einen förmlichen Pelz von Saugzellen (Wurzelhaaren) gehüllt sind. Es wird dann das umgebogene Ende sogar etwas in die Erde hineingezogen und dadurch die ganze Luftwurzel ziemlich straff gespannt. Regelmäßig entstehen unter jedem neuen Blatte je zwei solche seilähnliche Luftwurzeln, und es sieht so aus, als ob diese Gebilde dazu vorhanden wären, um dem darüberstehenden großen, üppigen Blatt auf kürzestem Wege das nötige Wasser aus dem Boden zuzuführen. Durchschneidet man eine dieser seilförmigen Luftwurzeln spannenhoch über dem Boden, so sieht man sofort wässrige Flüssigkeit aus der Mitte des Querschnittes hervorquellen. Der Holzkörper, welcher hier einen mittleren Strang bildet, enthält, ähnlich dem Stengel der Lianen, auffallend weite Leitungsröhren, und die Menge der Flüssigkeit beträgt innerhalb 36 Stunden nicht weniger als 17 g. Auffallend ist, daß hier der Wurzeldruck allem Anscheine nach das ganze Jahr über mit gleicher Kraft wirksam ist. Bei der Weinrebe ist das nicht der Fall. Die Reben tränen nur im Frühlinge, solange sie noch nicht belaubt sind, doch im Sommer, wenn sich die grünen Laubblätter vollständig entwickelt haben, tränen sie nicht mehr. Die durchschnittenen seilförmigen Luftwurzeln der tropischen Aroideen tränen dagegen zu allen Zeiten des Jahres. Freilich ist bei den letzteren die Vegetationstätigkeit im Laufe des Jahres niemals ganz unterbrochen, und es ist auch daran zu erinnern, daß diese Gewächse an Orten vorkommen, wo die Luft und der Boden jahraus jahrein warm sind, und wo auch die Feuchtigkeit der Luft und des Bodens nur geringen Schwankungen unterliegt.

### Die Transpirationsorgane.

Das ist das Eigentümliche der lebendigen Wesen, daß ihre Berrichtungen, auch wenn sie einfache physikalische Vorgänge bedeuten, durch Vermittelung von Organen, die entweder Zellen sind oder sich aus Zellgeweben aufbauen, erfolgen. Die Organe der Transpiration sind im allgemeinen die Blätter. Diese dienen also zweierlei Aufgaben, der Photosynthese und der Wasserverdunstung. Auch in der doppelten Leistungsfähigkeit, die wir bei vielen Pflanzenorganen antreffen, zeigt sich die besondere Fähigkeit der Organismen gegenüber unseren Instrumenten und mechanischen Apparaten, die nur in einer Richtung arbeiten können. Die Organe der Transpiration zeigen bei verschiedenen Pflanzengruppen eine verschiedene Vollkommenheit.

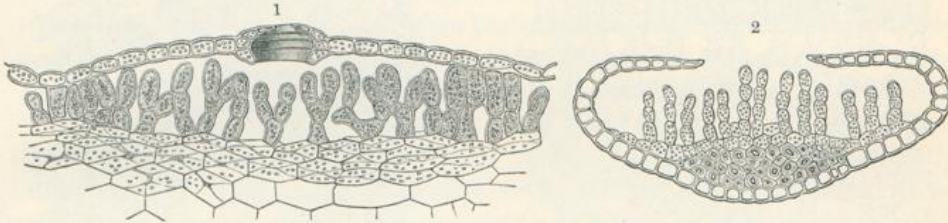
Die Zellen, welche dunstförmiges Wasser an die Atmosphäre abzugeben haben, bieten



Aroideen mit seilförmigen Luftwurzeln.



ihrer Aufgabe entsprechend der Luft eine möglichst große Oberfläche dar. Bei einigen Laubmoosen liegen sie frei zutage. Bei den Widertonen (*Polytrichum*) und mehreren Bartmoosen (*Barbula aloides*, *ambigua*, *rigida*) bilden sie kurze, perlschnurförmige Ketten oder vorspringende Leisten auf der rinnenförmig vertieften Oberseite der kleinen Blätter (s. untenstehende Abbildung, Fig. 2). Bei der zu den Lebermoosen gehörigen Gattung *Marchantia* sind eigene, in die Masse ihres laubartigen, grünen Lagers eingesenkte Verdunstungskammern ausgebildet (s. untenstehende Abbildung, Fig. 1). Im Grunde dieser Kammern sieht man grüne Zellen, die so gruppiert sind, daß man an die Gestalt des Feigenkaktus (*Opuntia*) erinnert wird. Diese grünen Zellen sind ungemein dünnwandig, und sie sind es auch, aus denen das Wasser verdunstet. Sie sind nicht so frei exponiert wie jene der oben genannten Laubmoose, sondern es breitet sich über sie das Dach der Verdunstungskammer aus. Dieses wird aus durchsichtigen Zellen gebildet und ist über jeder dieser Kammern von einem schornsteinförmigen Durchlaß unterbrochen, aus welchem der von den grünen Zellen abgegebene Wasserdampf entweicht. Diese Verdunstungskammern bilden den Übergang zu den Tran-



Transpirierende Zellen: 1 Querschnitt durch eine Verdunstungskammer des Lebermooses *Marchantia polymorpha*, 300fach vergrößert; 2 Querschnitt durch das Blatt des Bartmooses *Barbula aloides*, 380fach vergrößert.

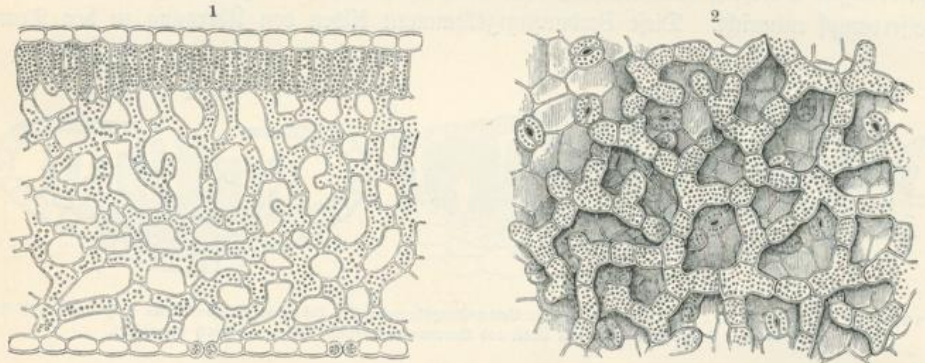
spirationsorganen der Gefäßkryptogamen und ungezählter Samenpflanzen. Bei diesen finden sich die verdunstenden Zellen im Inneren der grünen Rinde der Stämme, Zweige und Blattäste und insbesondere der Laubblätter und bilden einen Teil jenes grünen Gewebes, das man Chlorenchym, in den Laubblättern auch Mesophyll genannt hat.

An den meisten flächenförmig ausgebreiteten Laubblättern, deren Bau schon auf S. 105 und 106 beschrieben wurde, ist die obere und untere Seite verschieden gebaut, und zwar beschränkt sich diese Verschiedenheit nicht auf die Haut, sondern ist auch in dem grünen Gewebe deutlich zu erkennen. Die unter der Haut der oberen Blattseite liegenden grünen Zellen haben die Gestalt von Prismen, Zylindern oder kurzen Schläuchen und sind in Reih' und Glied sehr regelmäßig geordnet. Bei den meisten Pflanzen sind diese zylindrischen Zellen mit ihrer Schmalseite gegen die Oberfläche gerichtet, stehen wie Palisaden nebeneinander, und es sind zwischen sie sehr enge Luftgänge eingeschaltet. Unter diesen Palisadenzellen und anschließend an die Haut der unteren Blattseite findet sich eine andere Zellschicht, die ein viel lockereres Gefüge hat (s. Abbildung, S. 200, Fig. 1). Die Zellen dieser unteren Schicht sind nicht so reich an Chlorophyllkörnern und daher ist die Unterseite der Blätter gewöhnlich heller grün als die Oberseite. Die Zellen der Unterseite sind in ihrer Form elliptisch, rundlich, eckig, ausgebuchtet, überhaupt sehr abwechslungsreich; am häufigsten zeigen sie nach verschiedenen Richtungen absteigende Ausstülpungen und sind derart verbunden, daß die Ausstülpungen der benachbarten Zellen aufeinander treffen. Es macht dann den Eindruck, als ob sich die Nachbarn gegenseitig die Arme entgegenstrecken und die Hände reichen, und man hat darum



diese Zellen auch Armparenchym genannt. Wenn mehrere vielarmige Zellen nebeneinander liegen und miteinander in der angegebenen Weise verbunden sind, so entstehen dadurch in diesem Gewebe Lücken und Gänge, welche von den vereinigten Armen der nachbarlichen Zellen umgeben werden; das ganze Gewebe erhält das lockere, lückige Aussehen eines Badeschwammes und wurde dementsprechend auch Schwammgewebe oder Schwammparenchym genannt (Fig. 2). Dieses Schwammgewebe hat den passenden Bau für die Verdunstung. Jede Zelle, deren Oberfläche durch die Ausstülpungen vergrößert ist, grenzt soweit als möglich an die lusterfüllten Gänge, die alle miteinander in Verbindung stehen und ein Durchlüftungssystem bilden.

Da das Schwammparenchym in den Laubblättern durch eine derbe, für Wasserdampf nur schwer durchgängige Haut von der Atmosphäre abgeschlossen ist, so würde der Wasserdampf, den die Zellen dieses Parenchyms abgeben, nur die Lücken und Gänge erfüllen, und jede weitere



1 Querschnitt durch das Blatt der *Francisca eximia*. Palisadenzellen, darunter Armparenchym; 2 Schwammparenchym: in dem Blatte der *Daphne laureola*. Die Haut und die Palisadenzellen der oberen Seite des Blattes sind entfernt. Durch die Lücken des Schwammgewebes sieht man die Haut mit den Spaltöffnungen der unteren Blattoberseite. 320fach vergrößert.

Ausdünstung wäre verhindert. Daher muß eine direkte Verbindung mit der äußeren Luft hergestellt werden, und die Haut des Blattes muß Öffnungen besitzen, welche den Wasserdampf austreten lassen. Solche Durchlässe sind die schon wiederholt erwähnten Spaltöffnungen. Sie nehmen nicht nur bei der Photosynthese Kohlenäure auf und lassen den überschüssigen Sauerstoff austreten, sondern geben auch bei der Transpiration den Wasserdampf ab.

Die Spaltöffnungen entstehen in der Weise, daß sich Zellen der Oberhaut teilen und endlich zwei symmetrische Zellen liefern. Indem die beiden Zellen etwas auseinander weichen, entsteht ein kurzer, die Oberhaut durchsetzender Kanal, der die Verbindung zwischen der äußeren Luft und den luft- und dampfgefüllten Räumen im Inneren des Blattes herstellt. Man nennt diesen Kanal den Porus der Spaltöffnung und bezeichnet die zwei Zellen, welche ihn begrenzen, als Schließzellen. Diese zwei Zellen regeln nun das Ausströmen des Wasserdampfes aus dem Inneren des Blattes. Der unmittelbar hinter dem Porus der Spaltöffnung liegende Hohlraum (vgl. Abbildung S. 209 u. 212) wird Athemhöhle genannt.

Die Zahl der die Haut des Blattes unterbrechenden Spaltöffnungen oder Transpirationsporen ist sehr verschieden. An den Blättern des Kohles (*Brassica oleracea*) kommen auf 1 qmm an der oberen Seite nahezu 400 von ihnen, an der unteren Seite über 700; an den Blättern des Ölbaumes auf den gleichen Flächenraum der unteren Seite ungefähr 600.

Auffallend wenig Spaltöffnungen zeigen die Fettpflanzen. An den Blättern der Hauswurz (*Sempervivum tectorum*) und des Mauerpfeffers (*Sedum acre*) treffen auf 1 qmm nur 10 bis 20. In der Mehrzahl der Fälle hat man auf diesem Flächenraume zwischen 200 und 300 Spaltöffnungen gefunden. Die untere Seite eines Eichenblattes im Ausmaße von 50 qcm zeigt etwas über 2 Millionen Spaltöffnungen. Sie sind in den meisten Fällen ziemlich gleichmäßig über die ganze Blattoberfläche verteilt; an den Blättern der Gräser und der Nadelhölzer sowie an den grünen Stengeln der Schachtelhalme bilden sie geradlinige, regelmäßige Längsreihen, an den Blättern einiger Steinbreche, namentlich der *Saxifraga sarmentosa* und *japonica*, sind sie auf einzelne kleine Felber des Blattes zusammengedrängt, ebenso auf den Blättern vieler Begonien (z. B. *Begonia sanguinea*). Selbstverständlich sind sie vorzüglich dort entwickelt, wo unter der Haut ein Schwammparenchym liegt, und da sich dieses in der Mehrzahl der Fälle an der unteren Seite der Blätter befindet, so ist auch die größte Menge der Spaltöffnungen an der Blattunterseite zu finden.

Bei sehr vielen flächenförmig ausgebreiteten Blättern, deren eine Seite dem Himmel, deren andere der Erde zugewendet ist, fehlen die Spaltöffnungen auf der Oberseite und sind auf die Unterseite beschränkt. Doch kommen häufig auch hier auf beiden Seiten Spaltöffnungen vor. Umgekehrt ist bei den scheibenförmigen flachen Blättern, die auf dem Wasser schwimmen, wie namentlich denen des Laichkrautes (*Potamogeton natans*), des Froschbisses (*Hydrocharis morsus ranae*) und der Seerosen (*Nymphaea*, *Nuphar*, *Victoria*), die obere Seite mit Spaltöffnungen übersät, während die untere, dem Wasser aufliegende Seite derselben vollständig entbehrt. An den aufrechten Blättern der Schwertlilien, des Asphodills, der Amaryllis und verschiedener anderer Zwiebelpflanzen, ebenso an den mit ihrer Fläche vertikal gestellten Blattästen der australischen Akazien, endlich auch an den nadelförmigen Blättern einiger Koniferen sind die Spaltöffnungen an beiden Seiten in nahezu gleichgroßer Zahl vorhanden. Auch bei den Mimosen und verschiedenen anderen Gewächsen, die mit den Mimosen die Eigentümlichkeit gemein haben, daß ihre Blättchen infolge eines äußeren Reizes die Lage ändern, werden zahlreiche Spaltöffnungen an beiden Blattseiten gefunden.

Die meisten Spaltöffnungen sind in geöffnetem Zustand elliptisch. Weit seltener begegnet man rundlichen und sehr in die Länge gestreckten, fast linealen Formen. Die Länge der Spaltöffnungen schwankt zwischen 0,02 und 0,08, die Breite zwischen 0,01 und 0,08 mm; die größten Spaltöffnungen zeigen Nadelhölzer, Orchideen, Lilien und Gräser, die kleinsten die Seerosen, die Öl-bäume und einige mit immergrünen Laubblättern ausgestattete Feigenbäume.

### Die Förderungsmittel der Transpiration.

Da die Transpiration, wie S. 186 erläutert wurde, ein für das Pflanzenleben unentbehrlicher Vorgang ist, so ist es begreiflich, daß wir auch hier zunächst auf allerlei Mittel stoßen, welche die Transpiration fördern oder herabsetzen.

Die untergetauchten Wasserpflanzen transpirieren nicht. Sie bedürfen daher weder leitender Holzbündel noch Spaltöffnungen. Unter Wasser wachsen auch keine Bäume und Sträucher. Selbst die größten Florideen und die riesigsten Tange entbehren des Holzes, entbehren der Spaltöffnungen. Welche unendliche Reihe von Abstufungen aber von der feuchten Luft tropischer Küstenlandschaften bis zu den trockenen Wüsten im Inneren der großen

Kontinente, welche Verschiedenheit der Temperaturen in den verschiedenen Zonen und Regionen und in den wechselnden Jahreszeiten, welche Unterschiede selbst auf engem Raum in einem einzigen kleinen Tale zwischen den Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft und des Bodens in der Tiefe einer schattigen Schlucht und an dem sonnigen, felsigen Bergabhang! An dem einen Ort ist die Luft mit Wasserdunst so gesättigt, daß eine Verdunstung aus Pflanzen gar nicht stattfinden kann; an einer anderen Stelle ist sie so trocken, und es wirkt dort die Sonne so kräftig, daß die Pflanzen das von ihrer Oberfläche verdunstende Wasser aus dem Boden kaum zu ersetzen vermögen. Im ersteren Falle werden Einrichtungen notwendig, welche die Transpiration möglichst fördern, im letzteren Falle dagegen ist es von Wichtigkeit, daß eine zu weit gehende, mit dem Vertrocknen und Absterben der Pflanze endigende Verdunstung verhindert werde.

Was zunächst die Förderungsmittel der Transpiration anlangt, so besteht eines derselben in der Ausbildung möglichst großer Blattflächen. Da erfahrungsgemäß die Verdunstung der grünen Blätter durch Licht und Wärme gefördert wird, so ist es für alle Gewächse, zu denen die Sonnenstrahlen nur in beschränktem Maße Zutritt haben, von Vorteil, wenn ihre Blattflächen recht groß sind und durch Gestalt und Lage befähigt werden, das spärlich einfallende Licht vollständig auszunutzen. Wenn 1000 grüne Zellen schwach durchleuchtet werden, so ist die Wirkung nahezu dieselbe, wie wenn 500 solcher Zellen von einem doppelt so starken Lichte getroffen werden. Mag diese Schlussfolgerung auch nicht auf alle Pflanzen passen, für einen Teil derselben hat sie gewiß ihre volle Gültigkeit, und Tatsache ist es, daß die an schattigen, feuchten Stellen wachsenden Pflanzen sich durch verhältnismäßig großes, zartes, dünnes Laubwerk auszeichnen. Auch sind an solchen Stellen die Laubblätter horizontal ausgebreitet, ebenflächig, nicht runzelig, weder zurückgerollt noch aufgebogen und werden am zweckmäßigsten Flachblätter genannt. Betreten wir einmal einen dichten Wald in der nördlich gemäßigten Zone, etwa im südlichen Deutschland. Neben Farnen mit zarten Wedeln erheben sich über den Waldgrund Lärchenporne (*Corydalis fabacea, solida, cava*), Zahnwurzen (*Dentaria bulbifera, digitata, enneaphyllos*), Mäuselblümchen (*Isopyrum thalictroides*), Mondviole (*Lunaria rediviva*), Haselwurz (*Asarum europaeum*) und noch so manche andere den verschiedensten Familien angehörende Arten, die aber sämtlich in dem einen Merkmale miteinander übereinstimmen, daß sie Flachblätter haben, und daß ihnen ein Überzug aus Haaren fehlt. Nieselt ein Bach durch den schattigen Wald, so erheben sich an dessen Ufern Springkraut (*Impatiens Nolitangere*), Bärenlauch (*Allium ursinum*) und Knotenfuß (*Streptopus amplexifolius*), alle wieder durch ihr glattes, ebenflächiges Blattwerk ausgezeichnet. An solchen Standorten findet man im südlichen Deutschland überhaupt die umfangreichsten Laubblätter. Die Blattflächen der Pestwurz erreichen an solchen Stellen die Länge von über 1 m und nahezu die gleiche Breite. Sie besitzen dieses Maß ihrer Blätter aber nur in der feuchten Luft des schattigen Waldes. Man sollte erwarten, daß unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen außerhalb des Waldes infolge des Einflusses höherer Temperatur die Blätter ein üppigeres Wachstum zeigen und einen noch größeren Umfang gewinnen würden, was aber durchaus nicht der Fall ist. In der weniger feuchten Luft, im Sonnenschein an dem nicht beschatteten Bachufer, werden die Blätter der Pestwurz kaum halb so groß wie in der benachbarten schattigen, kalten Schlucht, aus deren Dämmerlicht der Bach in die offene Landschaft herausfließt.

Dieser Gegensatz in dem Größenverhältnis der ausgewachsenen Blätter an den Stöcken





Die Schattenspalme (*Corypha umbraculifera*) auf Ceylon.  
Nach Aquarell von Ernst Haeckel.

ein und derselben Art, je nachdem sie an besonnten Orten mit trockener Luft oder an schattigen Standorten mit feuchter Luft gewachsen sind, geht mitunter so weit, daß der ganze physiognomische Eindruck der Pflanze ein anderer wird, und daß man leicht glauben könnte, verschiedene Pflanzenarten vor sich zu haben. Exemplare der *Convallaria Polygonatum*, welche in schattigen, von Bächen durchrieselten Auen wachsen, zeigen Blätter, die wenigstens dreimal so groß sind als jene, welche in der guten feuchten Erde auf den Gefirsen steiler Felswände stehen und dort den ganzen Tag von der Sonne beschienen werden. Dieses Verhältnis könnte noch an zahlreichen anderen Pflanzen der mitteleuropäischen Flora erläutert werden; es genügen aber wohl die obigen Beispiele, um die Tatsache festzustellen, daß die Laubblätter an schattigen Orten in feuchter Luft trotz geringerer Wärmemenge, welche ihnen dort geboten wird, einen größeren Umfang annehmen als an besonnten Orten, wo die Blätter einer trockeneren Luft ausgesetzt sind.

Eine scheinbare Ausnahme findet man nur dort, wo diese Pflanzen aus dem Bereiche des Waldes in die alpine Region verschlagen werden. Auf den sonnigen Halben des Monte Baldo in Venetien, weit über der Holzgrenze, grünt ein Lärchensporn (*Corydalis fabacea*) mit derselben Üppigkeit wie im schattigen Waldgrunde des niederen Hügellandes, und an einer Stelle der Solsteinkette in Tirol erheben sich über das Gerölle in einer Seehöhe von 1800 m Binkelkraut und gelbe Taubnessel, Baldrianarten, Seidelbast und Farne mit demselben Umfang ihrer Blätter und Wedel wie im Waldesshatten der Tiefregion. Diese Ausnahmen sind aber nur scheinbare. Dort, wo diese Pflanzen auf den lichtumflossenen Höhen in der Alpenregion gedeihen, ist die Luft gerade so feucht wie im Grunde des Waldes um 1000 m tiefer im Tale. Wochenlang wallen dort oben Nebel um die Gehänge, und die Luft ist daselbst gewiß nicht trockener als im Walde des Tales. Ja der Umstand, daß Pflanzen, welche man als Bewohner der schattigen Wälder in den Talgründen kennt, in der alpinen Region an sonnigen Stellen mit gleichem Umfang und gleicher Form des Laubes gedeihen, ist sogar ein Beweis dafür, daß diese Gewächse im Waldesshatten der Tiefregion nicht infolge der Beschattung, sondern wegen der größeren dort herrschenden Luftfeuchtigkeit ein so großes Laub erhalten. Die Pflanze sucht eben durch Ausbildung einer umfangreichen transpirierenden Fläche den nachteiligen Einfluß der größeren Luftfeuchtigkeit auszugleichen, sei es im Schatten des Waldes, sei es auf den lichten Höhen der Berge. Insofern kann man demnach die Vergrößerung der Blattfläche ohne weiteres auch als ein Förderungsmittel der Transpiration ansehen.

Noch viel auffallender als in der gemäßigten Zone tritt dieses Förderungsmittel der Transpiration in der Tropenzone in Kraft. Namentlich an den bezeichnendsten Pflanzenformen der Tropen, an den Palmen, kann man die Beobachtung machen, wie die Größe der Blattflächen mit dem Feuchtigkeitszustande der Luft innig zusammenhängt, und wie gerade in jenen Gebieten, wo infolge der Sättigung der Luft mit Wasserdampf die Pflanzen nur schwierig transpirieren, die Palmen die größten Blätter entwickeln. In den feuchtesten Strichen Ceylons erhebt die riesige *Corypha umbraculifera* (s. die beigeheftete Tafel „Die Schattenpalme [*Corypha umbraculifera*] auf Ceylon“) ihren Stamm über die Kronen aller anderen Gewächse und entwickelt ihre Blattflächen in einem Längenausmaße von 7—8 und in einer Breite von 5—6 m. An ähnlichen Orten entfaltet in Brasilien die Tupatipalme (*Raphia taedigera*) ihre Wedel gleich einem riesigen Federbusche. Schon der Stiel jedes Blattes schiebt sich 4—5 m vor, und die grüne gefiederte Blattmasse erreicht eine Länge von 19—22 und



Die Schattenspalme (*Corypha umbraculifera*) auf Ceylon.  
Nach Aquarell von Ernst Haeckel.

ein und derselben Art, je nachdem sie an besonnten Orten mit trockener Luft oder an schattigen Standorten mit feuchter Luft gewachsen sind, geht mitunter so weit, daß der ganze physiognomische Eindruck der Pflanze ein anderer wird, und daß man leicht glauben könnte, verschiedene Pflanzenarten vor sich zu haben. Exemplare der *Convallaria Polygonatum*, welche in schattigen, von Bächen durchrieselten Auen wachsen, zeigen Blätter, die wenigstens dreimal so groß sind als jene, welche in der guten feuchten Erde auf den Gefsimen steiler Felswände stehen und dort den ganzen Tag von der Sonne beschienen werden. Dieses Verhältnis könnte noch an zahlreichen anderen Pflanzen der mitteleuropäischen Flora erläutert werden; es genügen aber wohl die obigen Beispiele, um die Tatsache festzustellen, daß die Laubblätter an schattigen Orten in feuchter Luft trotz geringerer Wärmemenge, welche ihnen dort geboten wird, einen größeren Umfang annehmen als an besonnten Orten, wo die Blätter einer trockeneren Luft ausgesetzt sind.

Eine scheinbare Ausnahme findet man nur dort, wo diese Pflanzen aus dem Bereiche des Waldes in die alpine Region verschlagen werden. Auf den sonnigen Halden des Monte Baldo in Venetien, weit über der Holzgrenze, grünt ein Lärchensporn (*Corydalis fabacea*) mit derselben Üppigkeit wie im schattigen Waldgrunde des niederen Hügellandes, und an einer Stelle der Solsteinkette in Tirol erheben sich über das Gerölle in einer Seehöhe von 1800 m Binglekraut und gelbe Taubnessel, Baldrianarten, Seidelbast und Farne mit demselben Umfang ihrer Blätter und Wedel wie im Waldesshatten der Tiefregion. Diese Ausnahmen sind aber nur scheinbare. Dort, wo diese Pflanzen auf den lichtumflössenen Höhen in der Alpenregion gedeihen, ist die Luft gerade so feucht wie im Grunde des Waldes um 1000 m tiefer im Tale. Wochenlang wallen dort oben Nebel um die Gehänge, und die Luft ist daselbst gewiß nicht trockener als im Walde des Tales. Ja der Umstand, daß Pflanzen, welche man als Bewohner der schattigen Wälder in den Talgründen kennt, in der alpinen Region an sonnigen Stellen mit gleichem Umfang und gleicher Form des Laubes gedeihen, ist sogar ein Beweis dafür, daß diese Gewächse im Waldesshatten der Tiefregion nicht infolge der Beschattung, sondern wegen der größeren dort herrschenden Luftfeuchtigkeit ein so großes Laub erhalten. Die Pflanze sucht eben durch Ausbildung einer umfangreichen transpirierenden Fläche den nachteiligen Einfluß der größeren Luftfeuchtigkeit auszugleichen, sei es im Schatten des Waldes, sei es auf den lichten Höhen der Berge. Insofern kann man demnach die Vergrößerung der Blattfläche ohne weiteres auch als ein Förderungsmittel der Transpiration ansehen.

Noch viel auffallender als in der gemäßigten Zone tritt dieses Förderungsmittel der Transpiration in der Tropenzone in Kraft. Namentlich an den bezeichnendsten Pflanzenformen der Tropen, an den Palmen, kann man die Beobachtung machen, wie die Größe der Blattflächen mit dem Feuchtigkeitszustande der Luft innig zusammenhängt, und wie gerade in jenen Gebieten, wo infolge der Sättigung der Luft mit Wasserdampf die Pflanzen nur schwierig transpirieren, die Palmen die größten Blätter entwickeln. In den feuchtesten Strichen Ceylons erhebt die riesige *Corypha umbraculifera* (s. die beigeheftete Tafel „Die Schattenpalme [*Corypha umbraculifera*] auf Ceylon“) ihren Stamm über die Kronen aller anderen Gewächse und entwickelt ihre Blattflächen in einem Längenausmaße von 7—8 und in einer Breite von 5—6 m. An ähnlichen Orten entfaltet in Brasilien die Tupatipalme (*Raphia taedigera*) ihre Wedel gleich einem riesigen Federbusche. Schon der Stiel jedes Blattes schiebt sich 4—5 m vor, und die grüne gefiederte Blattmasse erreicht eine Länge von 19—22 und



eine Breite von 12 m, das größte Maß, welches an einem Pflanzenblatte bisher beobachtet wurde. Andere Palmen, die ihre Blätter jahraus jahrein in der feuchtwarmen Atmosphäre wiegen, geben diesen Riesen nur wenig nach. Unter einem Blatte der Talipotpalme können zehn Personen mit Leichtigkeit Platz und Schutz finden, und wenn man sich die gefiederten Blätter der Sagopalme in den Straßen unserer Städte an die Häuser angelehnt denkt, würden sie mit ihrer Spitze das zweite Stockwerk erreichen. Viele dieser Palmenblätter, aufrecht gestellt, würden sich mit der Höhe kleinerer Bäume messen können. An allen diesen Palmenblättern ist die Oberhaut nur wenig verdickt, das Schwammparenchym gut entwickelt, die Spaltöffnungen in großer Zahl vorhanden und die Flächen der Blätter so gegen die auffallenden Sonnenstrahlen gerichtet, daß sie in ihrem ganzen Umfang ausgiebig durchleuchtet und durchwärmt werden können. Die besonnten Blätter werden förmlich geheizt, und so kann selbst in den feuchtesten Tropengebieten bei sehr geringen Änderungen der Temperatur und Luftfeuchtigkeit das unumgänglich nötige Maß der Transpiration erreicht werden. Ähnliche Verhältnisse wie an den Palmen beobachtet man an den Kroiden und Bananen. Auch diese zeigen die umfangreichsten Blätter in der mit Wasserdampf gesättigten oder nahezu gesättigten Atmosphäre an den Rändern stehender oder fließender Gewässer und in der feuchten Luft in den Lichtungen des tropischen Urwaldes.

Daß auch jene Sumpfpflanzen, die in dem stets feuchten Grunde der Seen und Teiche wurzeln, deren Stengel und Blattstiele direkt vom Wasser umflutet werden, und deren Blattspreiten der Wasserfläche aufliegen, wie beispielsweise die Seerosen (*Nymphaea*, *Victoria*), der Froschbiß (*Hydrocharis morsus ranae*) und die seerosenähnliche Villarsie (*Villarsia nymphoides*), Förderungsmittel der Transpiration bedürfen, ist selbstverständlich. Die Spreite der Blätter ist bei allen diesen Pflanzen scheibenförmig, die Blattscheiben liegen nebeneinander platt dem Wasserspiegel auf, und oft sind weite Strecken der Seen und Teiche mit den schwimmenden Blättern dieser Gewächse förmlich tapeziert. Die ganze obere Seite eines jeden Blattes kann von den Sonnenstrahlen getroffen und so das Blatt ganz durchleuchtet und durchwärmt werden. Der sich infolgedessen entwickelnde Wasserdampf kann aus den großen Luftlücken, welche die Blattscheiben durchziehen, nicht nach unten entweichen, da die untere, auf dem Wasser liegende und vom Wasser benetzte Seite keine Spaltöffnungen besitzt. Dafür ist die obere Seite mit Spaltöffnungen so reichlich versehen, daß auf 1 qmm 460 und auf ein einziges Seerosenblatt von 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> qdm Durchmesser beiläufig 11<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Millionen kommen. Dieser eigentümliche Bau macht es möglich, daß selbst bei den auf dem Wasser schwimmenden Blättern eine ausgiebige Transpiration stattfindet. Bei den mit Spaltöffnungen versehenen belaubten Pflanzen sind die Außenwände der Oberhautzellen fast immer etwas dicker als die inneren und seitlichen Wände, und mit dem für Wasserdampf schwer durchgängigen Häutchen, das man Kutikula genannt hat, überzogen. Bei den Farnen der tropischen Zone, zumal bei den Baumbarnen, die in den von Wasser durchströmten, engen, windgeschützten Schluchten wachsen und dort ihre Wedel in einer ununterbrochen feuchtwarmen Luft ausbreiten, sind diese Außenwände so zart und dünn und erscheinen mit einer so schwachen Kutikula überzogen, daß sie sofort Wasser ausdünsten, wenn die Feuchtigkeit der Luft nur einigermaßen unter den vollen Sättigungsgrad herabsinkt, und sobald nur ein flüchtiger Sonnenstrahl auf kurze Zeit in die Schlucht einfällt. So ist eine dünn entwickelte Kutikula ebenfalls ein Förderungsmittel der Verdunstung.

Abgesehen von solchen Fällen, ist die Wasserabgabe der Oberhautzellen kaum nennenswert

und findet nur aus den Spaltöffnungen statt. Wo die Verdunstung gefördert werden soll, ist das grüne, schwammige Gewebe ungemein mächtig entwickelt, die lusterfüllten Lücken und Gänge, welche das Netz der vielarmigen Zellen labyrinthisch durchziehen, sind ausgedehnt und zahlreich, und die Gesamtoberfläche aller von der Luft bestrichenen Zellen im Inneren des Blattes besitzt einen mehrfach größeren Umfang als die Außenfläche der Oberhaut. Die Blätter mancher ununterbrochen von feuchtwarmer Luft umgebener tropischer Pflanzen, wie z. B. der brasilischen *Franciscea eximia*, von der in der Figur 1 der Abbildung auf S. 200 ein Durchschnitt vorliegt, bestehen fast in ihrer ganzen Dicke nur aus einem lockeren, weitmaschigen Schwammparenchym, und es ist begreiflich, daß aus den Zellen dieses Gewebes sofort Wasser ausdunstet, sobald die Temperatur des Blattes durch die auffallenden Sonnenstrahlen über die Temperatur der umgebenden, wenn auch sehr feuchten Luft um nur einen Grad erhöht wird.

Von äußeren Bedingungen fördern die Transpiration erstens das Licht, welches die Spaltöffnungen zur weiten Öffnung veranlaßt, während sie sich bei Dunkelheit schließen, ferner die Erhöhung der Temperatur und endlich der Wind, welcher die umgebende Feuchtigkeit fortführt.

### Die Freihaltung der Bahn für den Wasserdampf.

Damit der Austritt von Wasserdampf ungehindert vor sich gehen kann, sind bei allen Gewächsen, welche Spaltöffnungen besitzen, besondere Einrichtungen getroffen. Insbesondere richten sich diese gegen flüssiges Wasser, welches als Regen und Tau auf die Oberfläche der Blätter gelangt und dort die Spaltöffnungen verstopfen könnte. Die Weite offener Spaltöffnungen würde das Eindringen des Wassers durch Haarröhrchenwirkung zu gewissen Zeiten immerhin gestatten. Solange Licht und Wärme wirken, solange die Temperatur im Bereiche des Schwammparenchyms höher ist als jene der umgebenden Luft, solange infolgedessen Wasserdampf vom Schwammparenchym entwickelt und mit Gewalt durch die Spaltöffnungen hinausgetrieben wird, ist freilich an ein solches Eindringen nicht zu denken; denn es kann nicht zu gleicher Zeit, auf dem gleichen Wege und durch die gleiche Pforte Wasserdampf ausströmen und flüssiges Wasser einströmen. Wenn aber nach Sonnenuntergang infolge der Strahlung das Laub rasch abkühlt und sich Tau niederschlägt, oder wenn ein kalter Regen auf die Blätter niederrieselt und die Spaltöffnungen sich nicht schnell genug geschlossen haben sollten, so wäre es immerhin möglich, daß Wasser eindringt, ähnlich so, wie bei einer Retorte, deren Röhre in Wasser taucht, und deren Inhalt durch Unterstellen einer Lampe zum Verdampfen gebracht wurde, sofort das Wasser zurücksteigt, wenn man die erwärmende Lampe entfernt und sich die Retorte samt ihrem Inhalt abkühlt. Jedenfalls steht so viel außer Frage, daß schon der bloße Überzug einer Wasserschicht, der die Spaltöffnungen bedeckte, für die betreffende Pflanze einen großen Nachteil bilden würde, und zwar nicht nur mit Rücksicht auf die Transpiration, sondern auch für das unbehinderte Aus- und Einströmen der Gase für Ernährung und Atmung. Die Bahnen für die Gase und das verdunstende Wasser sowie die Spaltöffnungen als Mündungen dieser Bahnen müssen daher frei sein, sie dürfen nicht durch flüssiges Wasser abgesperrt werden.

Die Spaltöffnungen sind viel zu klein, um sie mit unbewaffnetem Auge sehen zu können. Dennoch kann man durch einen sehr einfachen Kunstgriff ermitteln, wo an einem Blatt oder

an einem grünen Zweige die Spaltöffnungen sich befinden. Man taucht ein Zweigstück oder ein Blatt in Wasser, zieht es nach einiger Zeit wieder heraus, schüttelt und schwenkt es leicht hin und her und sieht dann nach, welche Stellen benetzt wurden und welche unbenetzt geblieben sind. Wo das Wasser nicht in Tropfenform abrollte, sondern anhängt und zerfließen ist, da sind gewiß keine Spaltöffnungen in der Haut zu finden, dagegen kann man sicher darauf rechnen, an den Stellen, von welchen das Wasser abgelaufen ist und die nicht benetzt wurden, Spaltöffnungen anzutreffen. An achtzig unter hundert Fällen wird bei diesem Experiment nur die obere Blattseite benetzt, während die untere trocken bleibt, an zehn unter hundert Fällen bleiben beide Seiten trocken, und wieder an zehn unter hundert Fällen bleibt die obere Seite trocken, während die untere benetzt wird. Dem entspricht auch der Befund, daß in der weitaus größten Mehrzahl der Fälle die untere Seite die meisten Spaltöffnungen birgt, während die obere von denselben frei ist.

Es liegt nahe, dieses Verhältnis so zu deuten, daß die obere Seite am meisten dem Regen ausgesetzt ist, und daß die Spaltöffnungen aus diesem Grunde sich an der gegen Regen geschützten unteren Seite zusammendrängen. Diese im ersten Augenblicke so wahrscheinlich klingende Erklärung entspricht aber durchaus nicht dem wahren Sachverhalt. Die Erörterung der Gründe, warum es für die Pflanze von Vorteil ist, wenn die obere Blattseite frei von Spaltöffnungen ist, kann freilich erst später an die Reihe kommen; aber das eine ist doch schon hier zu sagen, daß die dem Boden zugewendete Blattseite, welche in den meisten Fällen sämtliche Spaltöffnungen vereinigt, nichts weniger als trocken bleibt. Das Regenwasser kommt auf diese Seite der horizontal gestellten Flachblätter allerdings nur in jenen Fällen, wo der Blattrand so gebaut ist, daß sich die auf das Blatt kommende Wasserschicht allmählich von der Oberseite zur Unterseite hinzieht, und das ist im ganzen genommen nur selten der Fall; desto häufiger aber ist für diese Blattseite die Benetzung durch den Nebel und den Tau. Da man bei Spaziergängen über Feld und Wiese an einem taufriischen Morgen in der Regel nur die nach oben gewendete Seite der Blätter zur Ansicht bekommt, so kann man leicht verführt werden, zu glauben, daß sich nur an dieser Seite Tau ansetzt. Wir gebrauchen auch das Wort „Taufall“ und sagen, daß sich der Tau „nieder schlägt“. In beiden Ausdrücken birgt sich die Vorstellung, daß der Tau ähnlich wie der Regen herabsinkt, und daß nur die obere Blattseite mit Wasserperlen belegt wird. Man braucht aber nur die Blätter umzukehren, um sich zu überzeugen, daß die untere Seite nicht weniger als die obere betaut ist; ja, man wird bei näherem Zusehen sogar finden, daß für die untere Seite der Tau noch weit mehr in Betracht kommt als für die obere, weil er dort viel länger zurückbleibt. Wenn die Sonne schon hoch am Himmel steht, die Tautropfen von der oberen Blattseite längst weggeleckt wurden und die Transpiration bereits im vollen Gang ist, kann man die untere Seite noch immer mit Tau beschlagen finden. Wenn nun aber in der Mehrzahl der Fälle die Spaltöffnungen an der unteren Blattseite liegen, und wenn diese Seite der Wassergefahr nicht weniger ausgesetzt ist als die obere, so wird es erklärlich, warum sich gerade auf der unteren Seite des Blattes die Einrichtungen, welche das Vordringen der Nässe bis zu den Spaltöffnungen verhindern sollen, weit häufiger finden als an der Oberseite.

Die wichtigsten dieser Einrichtungen aber sind folgende:

Zunächst ein Wachsüberzug. Dieser erscheint entweder als ein mehrlartiger Beschlag, oder als eine der Oberhaut fest anliegende feine Kruste, oder am häufigsten als eine unendlich

dünne, abwischbare Schicht, als ein zarter Anhauch, der im Volksmunde den Namen „Reif“ erhalten hat. Eine Gruppe von Primeln, deren Arten den Gebirgsgegenden und den Mooren der Niederungen angehören, und als deren verbreitetste und bekannteste Vertreterin die *Primula farinosa* gelten kann, trägt rosettig gestellte, über dem feuchten Boden ausgebreitete Blätter, und die Unterseite dieser Blätter zeigt einen weißen Belag, der sich unter dem Mikroskop als ein Hauswerk von kurzen Stäbchen und Kügelchen einer wachsartigen Masse herausstellt. Pflückt man das Blatt einer solchen Primel ab, hält es eine Zeitlang unter Wasser und zieht es dann an die Luft, so erscheint die obere, von Spaltöffnungen ganz freie Seite mit einer zerflohenen Wasserschicht benetzt, während die untere Seite, an der sich von dem mehligem Beschlage verdeckt die Spaltöffnungen finden, ganz trocken bleibt. Die untere Seite der Blätter mehrerer, die feuchten, nebelreichen Flußufer bewohnender Weiden (*Salix amygdalina*, *purpurea*, *pruinosa*) sowie einer großen Zahl von Binsen, Simsen und rohrartigen Gräsern ist mit einer feinen, anliegenden Wachs-schicht bedeckt. Wenn man zur Zeit des stärksten Taues durch ein Weidengebüsch oder durch ein Ried streift, so kann man sehen, daß an der unteren Seite der Blätter zwar reichlich Wassertropfen anhängen, daß sie aber diese Seite nicht eigentlich benetzen und nicht zerfließen, sondern bei der leisesten Erschütterung abrollen und abfallen, womit wohl zusammenhängt, daß man nicht leicht bei einer Wanderung durch pflanzenbewachsenes Gelände so gründlich durchnäßt wird, wie bei einem Besuche von Weidenauen und Wiesenmooren. Bekannt sind die zwei weißen Streifen an der unteren Seite der Tannennadeln, die gleichfalls aus einem Wachsüberzuge bestehen und die Benetzung der darunter befindlichen Spaltöffnungen verhindern. An den Wacholderarten (z. B. *Juniperus communis*, *nana*, *Sabina*) finden sich dagegen die zwei weißlichen Wachsstreifen an der oberen Seite der Blättchen, und es ist interessant, zu sehen, wie hier auch die Verteilung der Spaltöffnungen wieder eine entsprechende ist; denn der Wacholder gehört zu jenen Pflanzen, bei denen die Unterseite des Blattes frei von Spaltöffnungen ist, während die Oberseite genau so weit, wie der Wachsüberzug reicht, mit Spaltöffnungen besät ist. Auch mehrere Gräser (z. B. *Festuca punctoria*) haben nur an der oberen Blattseite die Spaltöffnungen, und zwar genau so weit, wie diese Seite mit Wachsstreifen belegt ist. Überhaupt ist der Wachsüberzug dasjenige Schutz- und Sicherungsmittel gegen Benetzung, das für den Fall des Vorkommens von Spaltöffnungen an der oberen Blattseite am häufigsten zur Ausbildung gekommen ist. Die Blattoberseiten der Erbsen, der Kapuzinerkresse, des Geißblattes, des Mohnes, des Erdrauches, der Wachsblume, mehrerer Nelken, des Kohles, des Waides und noch zahlreicher anderer Schotengewächse, die Spaltöffnungen haben, sind auch mit Wachs überzogen, und man kann sich leicht überzeugen, daß über das Laub einer Erbsenstaude oder über die obere Seite eines Kohlblattes das aufgegoßene Wasser gerade so wie über den Hals und Rücken einer Ente oder eines Schwanes in Tropfenform abrollt, ohne die Fläche zu benetzen.

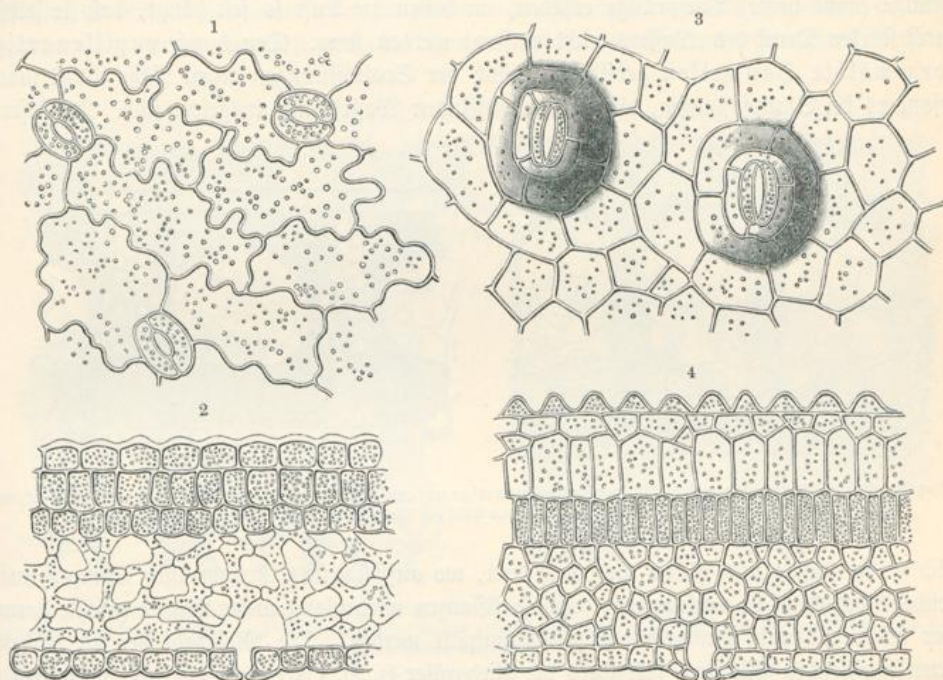
Auf eine ganz eigentümliche Weise wird die Bahn für den Wasserdampf bei den Blättern der Seerosen freigehalten, deren langgestielte Blattscheiben in horizontaler Lage auf der Wasseroberfläche schwimmen. Wenn der Regen auf diese Blätter niederfällt, so könnte das Wasser längere Zeit auf ihrer Oberseite, die mit Tausenden von Spaltöffnungen versehen ist, zurückbleiben und sich dort auch dann noch erhalten, wenn nach dem Regen die Sonnenstrahlen aus dem Gewölk hervorbrechen, die schwimmenden Blätter erwärmen und zur Transpiration anregen. Damit das vermieden werde, ist die Einrichtung getroffen, daß die obere Seite der schwimmenden Blattscheiben nicht benetzbar ist. Die auffallenden Regentropfen

bilden auf derselben Wasserperlen und zerfließen nicht auf der Blattfläche. Damit aber auch diese Wasserperlen nicht längere Zeit auf dem Blatte verharren, ist bei den meisten hierher gehörigen Formen, so namentlich bei der weitverbreiteten Seerose (*Nymphaea alba*), die Blattscheibe dort, wo sie dem Stiel aufsitzt, etwas erhöht und der Rand der Blätter ist etwas wellenförmig hin- und hergebogen. Es entstehen dadurch am Umfange der Scheibe sehr flache Vertiefungen, durch die bei der geringsten schaukelnden Bewegung die Wassertropfen von der Mitte des Blattes über den Rand wieder ins Wasser rollen.

Ein anderes Mittel, wodurch dem Vordringen des Wassers bis zu den Spaltöffnungen eine Schranke gesetzt wird, ist die Ausbildung von Haaren. Es wird auf diese Gebilde, welche im Haushalte der Natur eine so vielseitige Verwendung finden, noch später zurückzukommen sein, und es ist hier nur derjenigen haarigen und filzigen Überzüge zu gedenken, welche die Aufgabe haben, die Benetzung der Spaltöffnungen zu verhindern. In dieser Beziehung aber sind als Beispiele zunächst mehrere in Wassergräben und Sümpfen wachsende Malvaceen (z. B. *Althaea officinalis*), dann einige Königsferzen (z. B. *Verbascum Thapsus* und *phlomoides*) zu nennen, deren Blätter nicht nur an der unteren, sondern auch an der oberen Blattseite mit Spaltöffnungen versehen und dementsprechend auch an beiden Seiten mit haarigen, nicht benetzbaren Überzügen versehen sind. Auf den feuchten Wiesen in den Boralpentälern wächst eine Flockenblume (*Centaurea Pseudophrygea*), deren große, beiderseits behaarte Blätter sehr uneben und stark runzelig sind. Die Spaltöffnungen sind auf die Vertiefungen zwischen den Runzeln beschränkt. Fällt Regen oder beschlägt sich das Blatt mit Tau, so bleibt das Wasser in Perlenform an den Härchen der erhöhten Stellen hängen, die Zellen der Oberhaut in der Umgebung der Spaltöffnungen in den Gruben und Vertiefungen werden aber nicht benetzt. Auch an mehreren Alpenpflanzen, wie z. B. an dem zottigen Habichtskraute (*Hieracium villosum*), erscheinen nach Regen- oder Taufall zwar die von den Blättern abstehenden langen Haare ganz dicht mit Wassertropfen besetzt, zu der darunter befindlichen spaltöffnungsreichen Oberhaut aber gelangt kein Wasser.

Besonders hervorzuheben ist hier auch der Umstand, daß Pflanzen mit zweifarbigem Laube, namentlich solche, deren Blätter oberseits grün, kahl, frei von Spaltöffnungen und von Wasser benetzbar, unterseits weiß oder grau behaart, reich an Spaltöffnungen und von Wasser nicht benetzbar sind, an den Ufern der Gewässer besonders häufig vorkommen. In den lichten Gehölzen, welche in den Talflächen der Gebirgsgegenden die Gestade der Flüsse besäumen, also an Orten, wo an jedem Sommerabend Nebel ziehen, die alle Zweige, Blätter und Halme mit Wassertröpfchen beschlagen, gedeihen als bezeichnendste Arten die Grauerle und die graue Weide (*Alnus incana* und *Salix incana*), und als Unterholz findet man dort allenthalben die Himbeere, durchweg Pflanzen, welche mit dem eben beschriebenen zweifarbigem Laube geschmückt sind. Und treten wir aus dem Bereiche des Ufergehölzes auf die angrenzende Wiese, durch die das frische Wasser einer Quelle rieselt, und wo nach hellen Nächten noch bis zur Mittagszeit des folgenden Tages alles von Tau trieft: da ist so recht die Heimat für die Kräuter und Stauden mit oberseits grünen und unterseits weißen Flachblättern, da gedeihen in größter Üppigkeit die Kragdisteln mit unterseits weißfilzigem Laube (z. B. *Cirsium heterophyllum* und *canum*), da erhebt sich die ulmenblättrige Spierstaude (*Spiraea Ulmaria*) mit ihren zweifarbigem, großen Blättern, und da ist das ganze Minnsal des Quellbaches eingefaßt mit den Blättern des Huslattichs (*Tussilago Farfara*), welche man geradezu als Vorbilder für zweifarbigem Flachblätter hinstellen könnte.

Welcher Gegensatz, wenn wir vielleicht noch um tausend Schritt weiter in die hoch gewölbten Hallen eines geschlossenen Waldes eintreten, wo sich im schattigen Grunde wenig oder gar kein Tau bildet, und wo die über dem braunen Erdreiche sich ausbreitenden Blätter kaum jemals einer Durchnässung ausgesetzt sind! Dort gibt es kein zweifarbiges Laub, keine Blätter, die oberseits grün und kahl und unterseits weißfilzig erscheinen, ebenso wie dort auch Pflanzen fehlen, welche gleich der auf den Mooren wachsenden *Primula farinosa* eine mit Wachsschichten dick belegte untere Blattspreite aufweisen würden. Dagegen finden sich daselbst Farne, z. B. *Blechnum Spicant*, deren Wedel mit Spaltöffnungen versehen

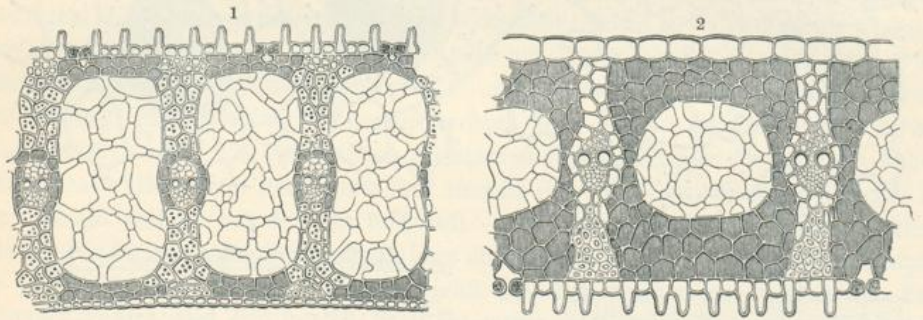


Spaltöffnungen: 1 Flächenansicht eines Stückes aus dem Wedel des Farnes *Nephrodium Filix mas*, 2 Querschnitt durch dieses Stück; 3 Flächenansicht eines Stückes aus dem Blatte von *Poporomia arifolia*, 4 Querschnitt durch dieses Stück, 350fach vergrößert.

sind, die gänzlich ungeschützt auf wellenförmigen Vorwölbungen der grünen Fläche münden. Aber nicht nur in den kühlen Gegenden des Nordens, auch in den tropischen Landschaften wiederholt sich dieser Gegensatz in betreff des Laubes an den Pflanzen der offenen Sumpflandschaft und jenen des Waldinneren. Auch dort findet man unter dem geschlossenen Laubdache mächtiger Bäume, wo die nächtliche Ausstrahlung verhindert ist und der Tau fehlt, niemals Gewächse mit unterseits weiß behaarten Blättern, wohl aber solche mit ganz ungeschützten, auf erhabenen, vorgewölbten Punkten der Oberhaut mündenden Spaltöffnungen, wie z. B. an *Pomaderris phyllicifolia* und an den Blättern der Pfefferarten, z. B. der *Peperomia arifolia* (s. obenstehende Abbildung, Fig. 3 und 4).

Eine sehr merkwürdige Einrichtung, durch welche die Spaltöffnungen vor Nässe bewahrt werden, besteht darin, daß die Oberfläche der mit ihnen ausgerüsteten Haut mit unzähligen kleinen Hervorragungen und Vertiefungen versehen ist. Fallende Tropfen rollen von

solchen Flächen ab; das Wasser vermag die atmosphärische Luft aus den Vertiefungen nicht zu verdrängen, und Blätter und Stengel sind daher, soweit ihre Oberhaut die angedeuteten Unebenheiten zeigt, mit einer dünnen Luftschicht überzogen. Da die Spaltöffnungen in den kleinen Vertiefungen liegen, so bleiben sie stets unbenezt und kommen selbst dann mit dem Wasser nicht in Berührung, wenn der betreffende Pflanzenteil ganz untergetaucht wird. Die Unebenheit des Blattes wird entweder dadurch veranlaßt, daß sich die Außenwände eines Teiles der Hautzellen stark nach außen wölben, oder aber in der Weise, daß sich von den Hautzellen, und zwar von der Kutikula genannten Verdichtungsschicht der Außenwand zapfenförmige (nicht hohle) Vorsprünge erheben, an denen die Luft so fest hängt, daß sie selbst durch starken Druck des Wassers nicht entfernt werden kann. Den durch papillenartig vorgewölbte Hautzellen gebildeten Schutz der Spaltöffnungen gegen Nässe findet man besonders bei Sumpfpflanzen, die einem wechselnden Wasserstand ausgesetzt sind. Im Ufer-

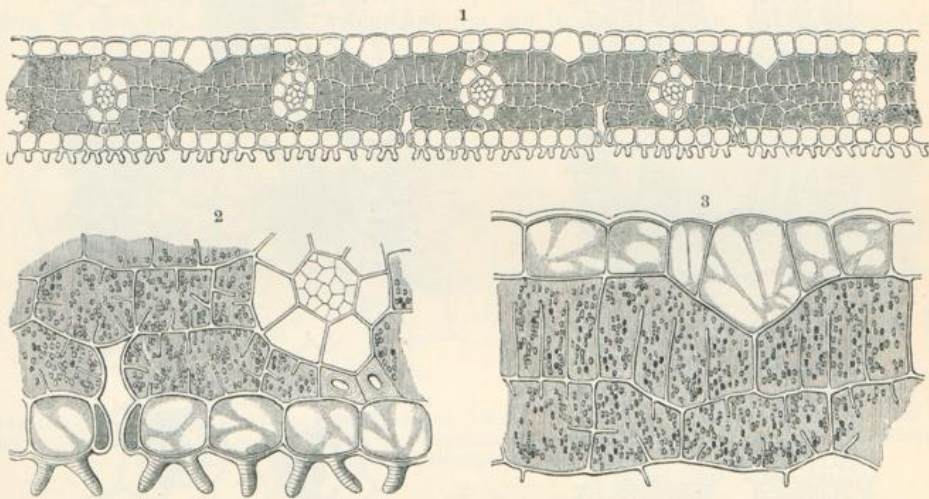


Schutz der Spaltöffnungen gegen Nässe durch papillenartige vorgewölbte Hautzellen: 1 Querschnitt durch ein Stück des Blattes von *Glyceria spectabilis*; 2 Querschnitt durch ein Stück des Blattes von *Carex paludosa*, 200fach vergrößert.

gelände der Bäche und Flüsse und auch dort, wo aufsteigendes Grundwasser Tümpel und Teiche bildet, kann es vorkommen, daß die Pflanzen wochenlang unter Wasser gesetzt, dann aber wieder Monate hindurch von Luft umspült werden. Die Mehrzahl der an solchen Orten wachsenden Pflanzen, besonders die Riedgräser (z. B. *Carex stricta* und *paludosa*), die Binzen (z. B. *Scirpus lacustris*), die meisten hochwüchsigen, rohrartigen Gräser (*Glyceria spectabilis*, *Phalaris arundinacea*, *Eulalia japonica*), dann die in Gesellschaft der Riedgräser wachsenden Stauden (z. B. *Lysimachia thyrsiflora*, *Polygonum amphibium*) und noch viele andere Sumpfpflanzen, sind der Gefahr, daß ihre Spaltöffnungen während der Zeit des Untergetauchtheins benezt werden, dadurch entriickt, daß ein Teil der Hautzellen in der Umgebung der Spaltöffnungen papillenartig vorgewölbt ist, wie es die obenstehende Abbildung zur Anschauung bringt.

Die Bambusarten sowie die dem Bambus ähnlichen Gräser *Arundinaria glaucescens* und *Phyllostachys bambusoides*, weiterhin einige Riedgräser (z. B. *Carex pendula*) zeigen dagegen die erwähnten zapfenförmigen Auswüchse der Kutikula, wie sie am Durchschnitte des Blattes einer Bambusa in der Abbildung auf S. 211 zu sehen sind. Ein solches Bambusblatt unter Wasser getaucht gibt ein überraschendes Bild. Die Oberseite, welche frei von Spaltöffnungen, dunkelgrün und mit ebenflächiger, glatter Haut versehen ist, wird in ihrem ganzen Umfange benezt, behält ihre dunkle Farbe und erscheint glanzlos; von der unteren Seite dagegen, die mit Spaltöffnungen besät, bläulichgrün und mit Tausenden

von Kutikularzapfen besetzt ist, läßt sich die Luft durch das Wasser nicht verdrängen, und es erglänzt diese mit einer Luftschicht überzogene Seite unter Wasser wie blankes, poliertes Silber. Man kann das Blatt unter Wasser schwenken und schütteln, so viel man will, man kann es auch wochenlang unter Wasser lassen, die silberglänzende Luftschicht wird nicht verdrängt. Zieht man ein solches Blatt dann aus dem Wasser, so ist zwar die Oberseite ganz benetzt, die Unterseite aber ist so trocken geblieben wie eine Hand, die man in Quecksilber getaucht und wieder hervorgezogen hat, und nicht das kleinste Tröpfchen Wasser ist an dieser unteren Seite des Bambusblattes hängengeblieben. Bringt man einen mit Wasser gefüllten Becher, in dem Bambusblätter bis zur Mitte in die Flüssigkeit versenkt sind, unter die Luftpumpe und pumpt die Luft aus, so lösen sich sofort von dem untergetauchten Teile der



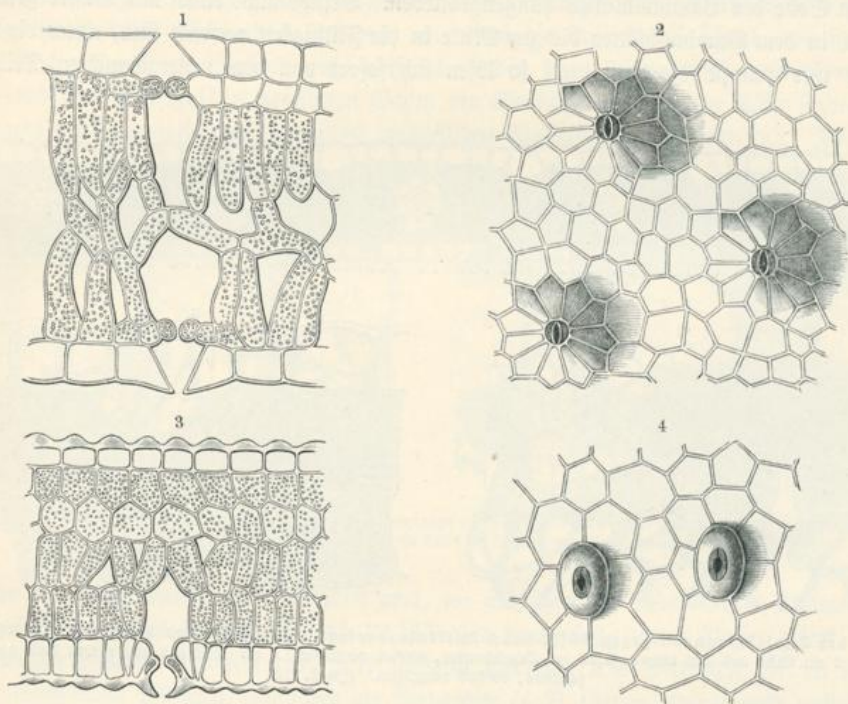
Schutz der Spaltöffnungen gegen Nässe durch Kutikularzapfen: 1 Querschnitt eines Bambusblattes, 180fach vergrößert; 2 ein Stück aus dem unteren Teile des Querschnittes, 460fach vergrößert; 3 ein Stück aus dem oberen Teile des Querschnittes, 460fach vergrößert. (Zu S. 210.)

Blätter zahlreiche Luftbläschen los. Jetzt verschwindet endlich auch der Silberglanz, und die Luft zwischen den Kutikularzapfen wird durch Wasser ersetzt. Taucht man hierauf das Blatt ganz unter das Wasser, so erscheint der Silberglanz nur an jenem Teile, der früher nicht unter Wasser war, wo daher auch die ausgepumpte Luft nicht durch Wasser verdrängt werden konnte, wohl aber beim Öffnen des Hahnes der Luftpumpe durch eindringende andere Luft ersetzt wurde. Aus diesem Versuche läßt sich entnehmen, wie sehr die Spaltöffnungen durch Nässe gefährdet sein würden, wenn die betreffenden Pflanzen nicht durch die geschilderten, eine Luftschicht festhaltenden Kutikularzapfen gegen Benetzung geschützt wären.

Bei vielen Pflanzen und zwar ganz vorzüglich bei solchen, die immergrünes Laub tragen, findet man die Einrichtung getroffen, daß die Spaltöffnungen mit einem Wall umgeben oder in besondere Gruben und Furchen eingesenkt sind. Schon an den sommergrünen Blättern mancher Pflanzen unserer Flora, z. B. denen der gelben Rübe (*Daucus Carota*), werden die Schließzellen der Spaltöffnungen von den angrenzenden Oberhautzellen so überwölbt, daß dadurch eine Art Vorhof vor der eigentlichen Pforte gebildet ist. Man überzeugt sich leicht, daß Wassertropfen, die an solche Stellen kommen, nicht



imstande sind, die Luft aus diesem Vorhofe zu verdrängen, und daher auch nicht bis zu den Schließzellen der Spaltöffnung einzudringen vermögen. Bei *Hakea florida* und *Protea mellifera* (s. untenstehende Abbildung), zwei australischen Sträuchern, verhält es sich ähnlich, doch sind da die Spaltöffnungen noch mehr überwölbt, so daß sie der auf die Blattfläche Sehende nur durch kleine Löcher an der Kuppel der Gewölbe wahrnimmt. Auch die Spaltöffnungen an den grünen Zweigen der verschiedenen Arten von Meerträubel (*Ephedra*) sind von wallförmigen Vorsprüngen der Kutikula benachbarter Hautzellen umrandet und

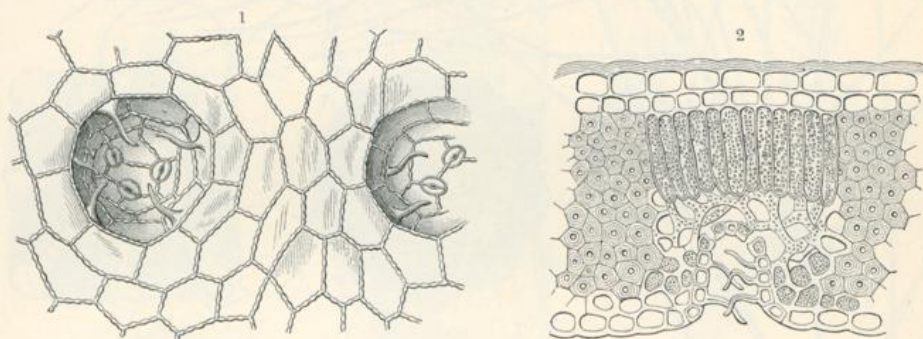


überwölbte Spaltöffnungen australischer Proteaceen: 1 Querschnitt durch ein Blatt der *Hakea florida*, 2 Flächenansicht desselben Blattes, 320fach vergrößert; 3 Querschnitt durch ein Blatt der *Protea mellifera*, 4 Flächenansicht desselben Blattes, 360fach vergrößert.

gleichzeitig etwas in die Tiefe versenkt, so daß über jeder Spaltöffnung ein amphorenartiger Raum entsteht, aus dem das Wasser die Luft nicht verdrängen kann. In den Blättern von *Dryandra floribunda*, einer in den Gebüschdichten Australiens vorkommenden Proteacee, sind mehrere Spaltöffnungen (s. Abbildung, S. 213) im Grunde von Grübchen an der Unterseite des Blattes zusammengedrängt, und von der Seitenwand der Grübchen gehen haarförmige Gebilde aus, die sich untereinander verstricken und einen lockeren, zwar für Gase, nicht aber auch für Flüssigkeiten passierbaren Filz bilden. Ähnlich verhält es sich auch mit den Spaltöffnungen an den Blättern des Oleanders (*Nerium Oleander*). Auch diese liegen im Grunde tiefer Gruben an der unteren Blattseite, und auch da ist der Zugang zur Grube mit ungemein zarten, haarähnlichen Gebilden besetzt (s. Abbildung, S. 225). Der Oleander besäumt mit seinen immergrünen Büschen im mittelländischen Florengebiete die Ufer der Bäche in offener, sonniger Landschaft und ist an seinem natürlichen Standorte gerade

in jener Zeit, in der für ihn die Transpiration eine wahre Lebensfrage ist, der Benetzung durch Regen, Nebel und Tau am meisten ausgesetzt. Wenn sich aber die Blätter auch beiderseits mit einer Feuchtigkeitsschicht überziehen, in die grubenförmigen, mit Haaren ausgekleideten Vertiefungen, welche die Spaltöffnungen bergen, vermag doch niemals Wasser einzudringen, und die Transpiration ist daher selbst in der feuchtesten Periode des Jahres nicht gefährdet.

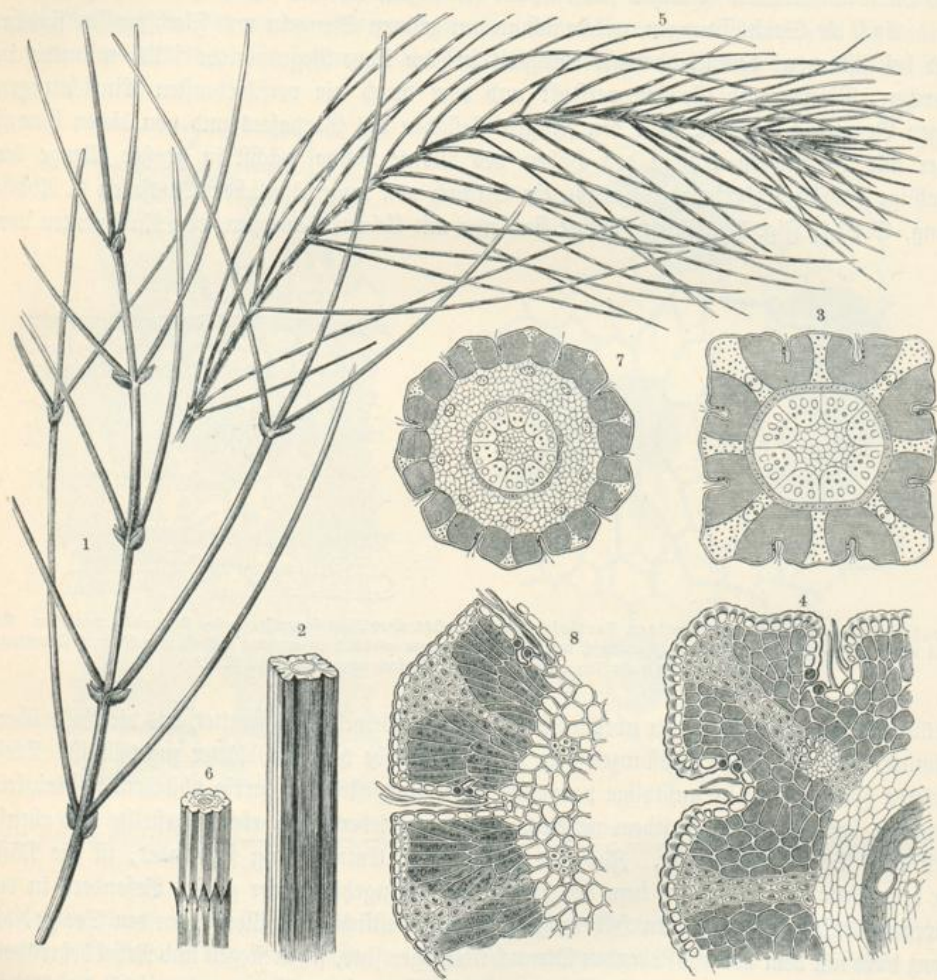
Auch die Spaltöffnungen, welche sich an den grünen Stengeln und Flachsprossen finden, sind bei Pflanzen, deren lebhafteste Tätigkeit in eine kurze Regenperiode fällt, mitunter in Furchen, Rinnen und Gruben versteckt und dort durch die verschiedensten Einrichtungen gegen Benetzung gesichert. An den felsigen Gestaden des Gardasees und von diesen hinauf über alle Berglehnen bis zu den Höhen des Monte Baldo wächst in großer Menge der strahlige Geißklee (*Cytisus radiatus*), ein Strauch von ungewöhnlichem Aussehen (s. Abbildung, S. 214, Fig. 1). Seine Zweige sind nur mit kleinen Schuppen, den Rudimenten von



Spaltöffnungen in grubenförmigen Vertiefungen: 1 Ansicht eines Blattes von *Dryandra floribunda*, von oben. Ein Teil der die Gruben erfüllenden Haare ist entfernt, um die Spaltöffnungen ersichtlich zu machen. 350fach vergrößert; 2 Querschnitt durch das Blatt der *Dryandra floribunda*, 300fach vergrößert. (Zu S. 212.)

grünen Blättern, besetzt, dafür aber selbst mit grünem Gewebe ausgestattet, das die Rolle übernimmt, die an belaubten Pflanzen dem grünen Gewebe der Laubblätter zugeteilt ist. Diese grünen Zweige sind in unzählige paarweise gegenübergestellte, sparrig abstehende Zweiglein verästelt, aus denen sich in jedem neuen Lenz immer wieder junge ebenso gestellte und ebenso gestaltete Sprosse entwickeln. Zur Zeit, wenn diese Entwicklung stattfindet, ist die Rasse in dem Teile der Südalpen, dem der Monte Baldo angehört, sehr groß. Besonders in der alpinen Region des genannten Höhenzuges, an den westlichen Abfällen gegen den See zu, die ganz dicht mit dem in Rede stehenden Strauch überzogen sind, setzen Regen und Nebel bei trübem und Tau bei hellem Wetter große Mengen von Wasser auf den Boden und auf die den Boden bekleidenden Pflanzen ab. Da ist es von Wichtigkeit, daß die grüne Rinde der rutenförmigen Zweige des strahligen Geißklee ungehindert transpirieren und atmen kann, und daß jede günstige Stunde, die diesen so wichtigen Lebenstätigkeiten gegönnt ist, voll und ganz ausgenutzt wird. Auch hier handelt es sich vor allem wieder um Freihaltung der Bahn für den Wasserdampf, der aus den Spaltöffnungen entweichen soll. Zu diesem Behufe sind nun bei dem genannten Geißklee die Spaltöffnungen in luftgefüllten Furchen angebracht, die sich in das grüne Gewebe einsenken und den grünen Zweigen ein gestreiftes Ansehen geben. Aus diesen engen Furchen, welche sechs an der Zahl, an jedem grünen Zweige von Knoten zu Knoten hinauflaufen, vermag das Wasser die Luft nicht zu verdrängen; die Zweige können

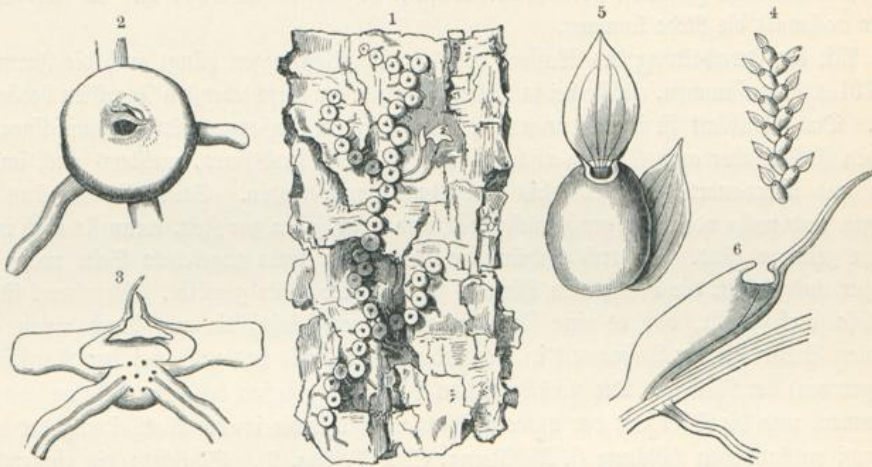
stundenlang unter Wasser getaucht bleiben, ohne daß Flüssigkeit in den Grund der Furchen eindringt. Überdies finden sich zur Abwehr des Wassers in diesen Furchen auch noch Haare, welche vom Wasser nicht benetzbar sind, und an denen die Luft ähnlich wie an den Kutikularzapfen der Bambusblätter festhängt. Eine klare Ansicht dieser Vorrichtung gibt die untenstehende



Spaltöffnungen in den Furchen grüner Stengel: 1 Zweig des strahligen Geißflees (*Cytisus radiatus*) in natürlicher Größe, 2 ein Zweigstück, 10fach vergrößert, 3 Querschnitt durch diesen Zweig, 30fach vergrößert, 4 ein Teil desselben Querschnittes, 150fach vergrößert; 5 Zweig des *Casuarina quadrivalvis* in natürlicher Größe, 6 ein Zweigstück, 8fach vergrößert, 7 Querschnitt durch diesen Zweig, 30fach vergrößert, 8 ein Teil des Querschnittes, 130fach vergrößert.

Abbildung, namentlich die Querschnitte durch den Stengel, Fig. 3 u. 4. Der danebenstehende Querschnitt eines grünen Zweiges einer australischen Kasuarinee (*Casuarina quadrivalvis*) zeigt, daß auch diese seltsamen Gewächse ganz die gleiche Vorrichtung haben, daß nämlich auch da wieder die Spaltöffnungen im Grund enger Furchen liegen, die sich entlang der grünen, blattlosen Zweige hinaufziehen, und daß in diesen Furchen ganz ähnlich wie in denen des strahligen Geißflees eigentümliche Haarbildungen, an welchen die Luft festhaftet,

die Wasserdichtigkeit erhöhen. Die Kasuarineen, welche mit ihrer Jahresarbeit in der sehr kurz bemessenen Regenperiode ihrer Heimat zu Ende kommen müssen, bedürfen während dieser Zeit des Schutzes einer ungehinderten Transpiration nicht weniger als der strahlige Geißflee in den Südalpen. Im ganzen genommen wird übrigens diese Vorrichtung nur selten angetroffen und findet sich außer an den australischen Kasuarineen und den mit dem strahligen Geißflee verwandten Arten (*Cytisus holopetalus*, *purgans*, *ephedroides*, *equisetiformis*, *candicans*, *albus* usw.) nur noch an etwa 20 strauchigen Schmetterlingsblütlern, vorzüglich der spanischen Flora, aus den Gattungen *Retama*, *Genista*, *Ulex*, *Sarothamnus*, merkwürdigerweise übrigens auch an einer durch die Gebirge des südlichen und mittleren Europa, über die Heiden der deutschen Niederung, Dänemarks, Belgiens und Englands



Orchideen, deren Spaltöffnungen in Ausbühlungen der Knollen liegen: 1 *Bolbophyllum minutissimum*, 2 ein Knöllchen dieser Pflanze, von oben gesehen, 8fach vergrößert, 3 Querschnitt durch dieses Knöllchen, 15fach vergrößert; 4 *Bolbophyllum Odoardi*, 5 ein Knöllchen dieser Pflanze, 6fach vergrößert, 6 Längsschnitt durch dieses Knöllchen, 6fach vergrößert.

weitverbreiteten kleinen Ginsterart, der niederen *Genista pilosa*, bei der das Vorkommen dieser Vorrichtung um so befremdender ist, als ihre grünen, gefurchten und in den Furchen mit Spaltöffnungen ausgestatteten Zweige nicht blattlos, sondern mit verhältnismäßig gut entwickelten Laubblättern geschmückt sind.

Zu den absonderlichsten Pflanzen, bei denen die Spaltöffnungen in versteckten, für Benetzung unzugänglichen Winkeln geborgen sind, gehören auch zwei winzige Orchideen, von denen die eine, *Bolbophyllum minutissimum*, gesellig mit Laubmoosen auf Sandsteinblöcken und an Baumrinden in den felsigen Schluchten bei Port Jackson und am Richmond River an der Ostküste Australiens, die andere, *Bolbophyllum Odoardi*, an ähnlichen Standorten auf Borneo vorkommt. Beide besitzen ein fadenförmiges Rhizom, das sich mit paarweise gruppierten Würzelchen (von nur 2—5 mm Länge und 0,3 mm Dicke) den Steinen und Baumrinden anheftet. Über der Ursprungsstelle eines jeden Wurzelpaares sitzt ein scheibenförmiges Knöllchen von  $1\frac{1}{2}$ —3 mm Durchmesser und  $\frac{1}{2}$  mm Dicke; dieses Knöllchen zeigt an der oberen Seite ein kaum  $\frac{1}{10}$  mm weites Loch, das in eine den scheibenförmigen Knollen aushöhlende Kammer von 0,5 mm Weite und 0,1 mm Höhe führt (s. obenstehende Abbildung). Die Blätter des *Bolbophyllum minutissimum* sind zu winzigen, etwa  $\frac{1}{2}$  mm langen, spitzen

Schüppchen reduziert, die zu zweien am Rande des Loches sitzen und sich über dieses zusammenneigen. An *Bolbophyllum Odoardi* trägt jedes der scheibenförmigen Knöllchen nur ein grünes Blättchen, das  $1\frac{1}{2}$  mm lang und 1 mm breit und knapp an der Mündung des Loches postiert ist (s. Fig. 4, 5 u. 6, S. 215). Die Spaltöffnungen finden sich ausschließlich im Inneren der ausgehöhlten, scheibenförmigen Knöllchen. Durch die verengerte Mündung vermag Wasser in die luftgefüllte Höhle nicht einzudringen; und selbst dann, wenn in der Regenzeit der ganze Moossteppich, in den diese winzigsten aller Orchideen eingewoben sind, von Wasser geschwellt ist, kann die Transpiration, vorausgesetzt, daß die anderen Bedingungen derselben erfüllt sind, ungehindert vor sich gehen. Daß dieselben Bildungen, welche in der feuchten Periode des Jahres die Benetzung der Spaltöffnungen verhindern, in einer später folgenden Trockenperiode eine andere Funktion übernehmen können, ist selbstverständlich, und es soll hierauf später nochmals die Rede kommen.

Mit der Fernhaltung des Wassers von den Spaltöffnungen hängt auch die Form des Rollblattes zusammen, welche bei so vielen Pflanzen der verschiedensten Familien beobachtet wird. Das Rollblatt ist immer ungeteilt, von geringem Umfange, häufig schmal-lineal, in seltenen Fällen aber auch länglich-eiförmig und elliptisch, stets starr, meistens auch immergrün und überdauert dann zwei bis drei Vegetationsperioden. Seine Ränder sind umgebogen und mehr oder weniger zurückgerollt und zwar schon zur Zeit, wenn sie noch in der Knospe geborgen sind. Dadurch erscheint die untere, der Erde zugekehrte Seite mehr oder weniger ausgehöhlt, die obere, dem Himmel zugewendete Seite gewölbt. Manchmal ist das Blatt so stark gerollt, daß es eine förmliche Höhle umschließt, die nur durch einen ganz schmalen Spalt mit der Außenwelt in Verbindung steht, wie das z. B. bei der Raufschbeere (*Empetrum*) der Fall ist. Die zurückgerollten Blattränder stoßen bei dieser Pflanze fast ganz zusammen, und die Oberhaut der unteren Blattseite bildet die innere Auskleidung der durch Rollung entstandenen Höhlung (s. Abbildung, S. 217, Fig. 2). Schließen die eingerollten Ränder nicht so dicht zusammen, so erscheint an der unteren Seite des Blattes eine Rinne, die je nach dem Grade der Rollung mehr oder weniger vertieft ist, wie beispielsweise an den Eriken (*Erica castra, vestita* usw., s. Abbildung, S. 217, Fig. 1). Mitunter entwickelt sich eine Rinne, die in zwei seitliche, unter den eingerollten Rändern verlaufende Hohlkehlen geteilt ist, wie z. B. an den Blättern von *Andromeda tetragona* (s. Abbildung, S. 217, Fig. 3) und denen der lappländischen Rhamnazeen *Tylanthus ericoides* (s. Abbildung, S. 217, Fig. 4). Das von den zurückgerollten Rändern eingerahmte Mittelfeld wird häufig auch dadurch in zwei Längsrinnen geteilt, daß das Gewebe unterhalb der Mittelrippe des Blattes als eine breite, kräftige Leiste vorspringt. Man sieht dann an der unteren Seite drei in die Länge gestreckte parallele Wülste, einen mittleren, unter der Mittelrippe, und zwei seitliche, die von den zurückgerollten Rändern gebildet werden. Rechts und links von dem mittleren Wulste liegen dann zwei tiefe Rinnen, die sich schon dem freien Auge als helle Streifen zwischen den dunkelgrünen Wülsten kenntlich machen. So verhält es sich z. B. an den Blättern der auf der beigehefteten Tafel „Azaleenteppich auf den Höhen der Kjölen“ in natürlicher Größe dargestellten *Azalea procumbens*, einer auch unter dem Namen *Loiseleurea* bekannten Eriказее, welche durch Labrador, Grönland, Island, Lappland, überhaupt durch das ganze arktische Gebiet, dann durch die skandinavischen Hochgebirge, die Pyrenäen, Alpen und Karpaten weit verbreitet ist und überall, wo sie vorkommt, den Boden mit dichtgeschlossenen Teppichen überzieht. Den Durchschnitt eines Rollblattes dieser Pflanze zeigt die Abbildung auf S. 218.

[Zur Tafel: »Azaleenteppich auf den Höhen der Kjölen.«.]



Azaleenteppich auf den Höhen der Kjölen.

1. *Azalea procumbens*. — 2. *Cetraria Islandica*. — 3. *Cetraria nivalis*. — 4. *Cladonia alpestris*. —  
5. *Cladonia rangiferina*.

Schüppchen reduziert, die zu beiden von Rande des Loches sitzen und sich über dieses zusammenneigen. An *Bolbophyllum Odontoides* trägt jedes der scheibenförmigen Knöllchen nur ein grünes Blättchen, das 1 1/2 mm lang und 1 mm breit und knapp an der Mündung des Loches postiert ist (f. Fig. 4, 5 u. 6, S. 215). Die Spaltöffnungen finden sich ausschließlich im Inneren der ausgehöhlten, scheibenförmigen Knöllchen. Durch die verengerte Mündung vermag Wasser in die luftgefüllte Höhle nicht einzudringen; und selbst dann, wenn in der Regenzeit der ganze Moosetapetich, in den diese winzigsten aller Orchideen eingewoben sind, von Wasser geschwellt ist, kann die Transpiration, vorausgesetzt, daß die anderen Bedingungen derselben erfüllt sind, ungehindert vor sich gehen. Daß dieselben Bildungen, welche in der feuchten Periode des Jahres die Bewegung der Spaltöffnungen verhindern, in einer später folgenden Trockenperiode eine andere Funktion übernehmen können, ist selbstverständlich, und es soll hierauf nicht nochmals die Rede kommen.

Da der Fernhaltung des Wassers von den Spaltöffnungen hängt auch die Form des Rollblattes zusammen, welche bei so vielen Pflanzen der verschiedensten Familien beobachtet wird. Das Rollblatt ist immer ungeteilt, von geringem Umfange, häufig schmal-lineal, in letzteren Fällen aber auch länglich-eiförmig und elliptisch, stets starr, meistens auch immergrün und überdauert dann zwei bis drei Vegetationsperioden. Seine Ränder sind umgebogen und mehr oder weniger zurückgerollt und zwar schon zur Zeit, wenn sie noch in der Knospe geborgen sind. Dadurch erscheint die untere, der Erde zugewandte Seite mehr oder weniger ausgehöhlt, die obere, dem Himmel zugewendete Seite gewölbt. Manchmal ist das Blatt so stark gerollt, daß es eine förmliche Höhle umschließt, die nur durch einen ganz schmalen Spalt mit der Außenwelt in Verbindung steht, wie das z. B. bei der Mausbeere (*Empetrum*) der Fall ist. Die zurückgerollten Blattränder stoßen bei dieser Pflanze fast ganz zusammen, und die Oberhaut der unteren Blattseite bildet die innere Auskleidung der durch Rollung entstandenen Höhlung (f. Abbildung, S. 217, Fig. 2). Schließen die eingerollten Ränder nicht so dicht zusammen, so erscheint an der unteren Seite des Blattes eine Rinne, die je nach dem Grade der Rollung mehr oder weniger vertieft ist. Wie diese Rinne an den Ericen (*Erica castra*, *vestita* usw., f. Abbildung, S. 217, Fig. 3) und an den Heidekrautarten (z. B. *Calluna vulgaris*) sich eine Rinne, die in zwei in den eingerollten Rändern verlaufende Höhlungen geteilt ist, wie z. B. bei *Andromeda tetragona* (f. Abbildung, S. 217, Fig. 3) und denen der Kapselfarnen (*Polypodium scolopendria*, *Polypodium imbricatum*, S. 217, Fig. 4) und von den zurückgerollten Rändern Mittelfeld nach hinten sich zu zwei Längsrinnen geteilt, daß das obere in zwei, die untere in eine breite, kräftige Rippe vorwölbt. Von dem unteren Rande der Blattfläche geht eine gestreckte, wie ein V-förmige Rinne aus, die sich in die Länge hinzieht und die unteren Blattränder an zwei seitliche, viel oder weniger tiefen, an beiden Enden abgerundeten Wulste liegen, die durch die Bildung von zwei ungleichen, an dem mittleren Wulste liegenden Vertiefungen entstehen, die als Seitenrinne zwischen den Vertiefungen verlaufen. Bei *Polypodium imbricatum* z. B. geht die Rinne auf der äußeren Seite der Blattränder in die Seitenrinne über, die sich bis zur Basis hinzieht, wo sie sich in zwei Seitenrinne verzweigt. Bei *Polypodium scolopendria* z. B. geht die Rinne auf der inneren Seite der Blattränder in die Seitenrinne über, die sich bis zur Basis hinzieht, wo sie sich in zwei Seitenrinne verzweigt. Bei *Polypodium imbricatum* z. B. geht die Rinne auf der äußeren Seite der Blattränder in die Seitenrinne über, die sich bis zur Basis hinzieht, wo sie sich in zwei Seitenrinne verzweigt.



1. *Asplenium procerum*. — 2. *Ceratrum islandicum*. — 3. *Ceratrum nivalis*. — 4. *Cladonia abjecta*. — 5. *Cladonia rangiferina*.



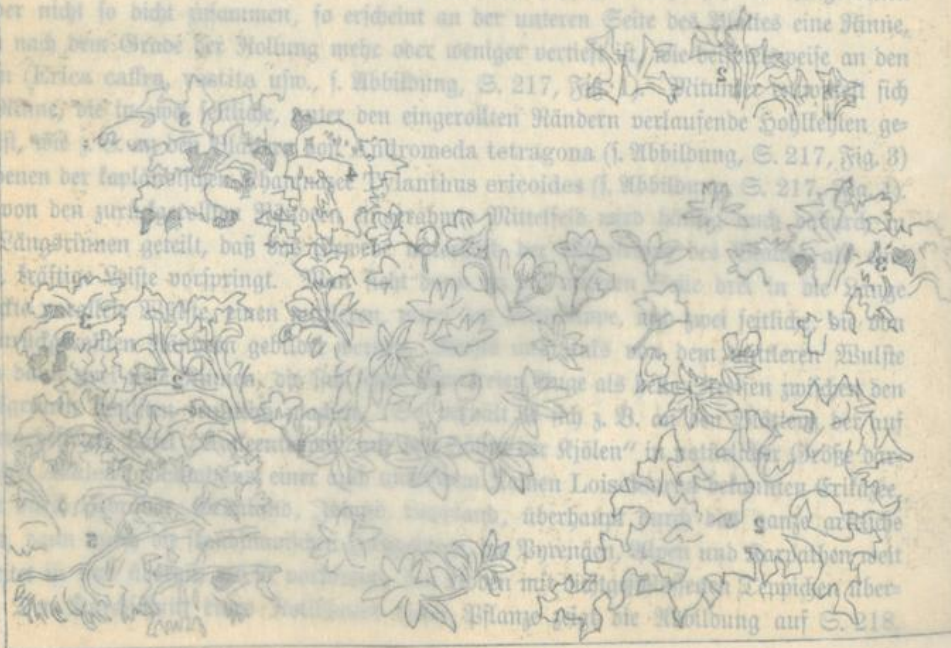
Azaleenteppich auf den Höhen der Kjölen.

Nach Aquarell von Ernst Heyn.



Schiffchen ... die in ... des Loches sitzen und sich über dieses zusammenneigen. An ... Blättchen, das ... nur ein grünes Blättchen, das ... an der Mündung des Loches positioniert ist (s. Fig. 4 ...). Die ... finden sich ausschließlich im Inneren der ... Durch die verengerte Mündung vermag Wasser in ... und selbst dann, wenn in der Regenzeit der ganze ... von Wasser geschwellt ... vorausgesetzt, daß die anderen Bedingungen derselben erfüllt sind, ... daß dieselben Bildungen, welche in der feuchten Periode des ... in einer später folgenden Trockenperiode ... selbstständig, und es soll hierauf ...

Die ... die Form des ... beobachtet ... ist immer ungeteilt, von geringem Umfange, häufig schmal-lineal, in ... auch länglich-eiförmig und elliptisch, stets starr, meistens auch immergrün und überdauert dann zwei bis drei Vegetationsperioden. Seine Ränder sind ... und mehr oder weniger zurückgerollt und zwar schon zur Zeit, wenn sie noch in der Knospe geborgen sind. Dadurch erscheint die untere, der Erde zugekehrte Seite mehr oder weniger ausgehöhlt, die obere, dem Himmel zugewendete Seite gewölbt. Manchmal ist das Blatt so stark gerollt, daß es eine förmliche-Höhle umschließt, die nur durch einen ganz schmalen Spalt mit der Außenwelt in Verbindung steht, wie das z. B. bei der Rauschbeere (*Empetrum*) der Fall ist. Die zurückgerollten Blattränder stoßen bei dieser Pflanze fast ganz zusammen, und die Oberhaut der unteren Blattseite bildet die innere Auskleidung der durch Rollung entstandenen Höhlung (s. Abbildung, S. 217, Fig. 2). Schließen die eingerollten Ränder nicht so dicht aneinander, so erscheint an der unteren Seite des Blattes eine Rinne, die je nach dem Grade der Rollung mehr oder weniger vertieft ist. ... an den ... (*Erica castra*, *vestita* usw., s. Abbildung, S. 217, Fig. 1). ... sich eine Rinne, die in ... den eingerollten Rändern verlaufende Höhlchen gestellt ist, ... (*Mitromeda tetragona* (s. Abbildung, S. 217, Fig. 3) und denen der ... (*Plantanus ericoides* (s. Abbildung, S. 217, Fig. 4). Das von den zurückgerollten Blättern ... Mittel ... in zwei Längsrinnen geteilt, daß ... breite, kräftige Wulste vorpringt. ... in die Rinne gestreckte ... an zwei seitliche ... der ... gebildet ... als ... Wulste liegen ... als ... den ... z. B. ... die ... "Klöten" ... die ... überhau ... ganze ... Gebie ... und ... seit ... über ... die ... auf S. 218



1. *Clethra procumbens*. — 2. *Clethra lanudica*. — 3. *Clethra nitida*. — 4. *Clethra alpestris*. — 5. *Clethra lanudica*.

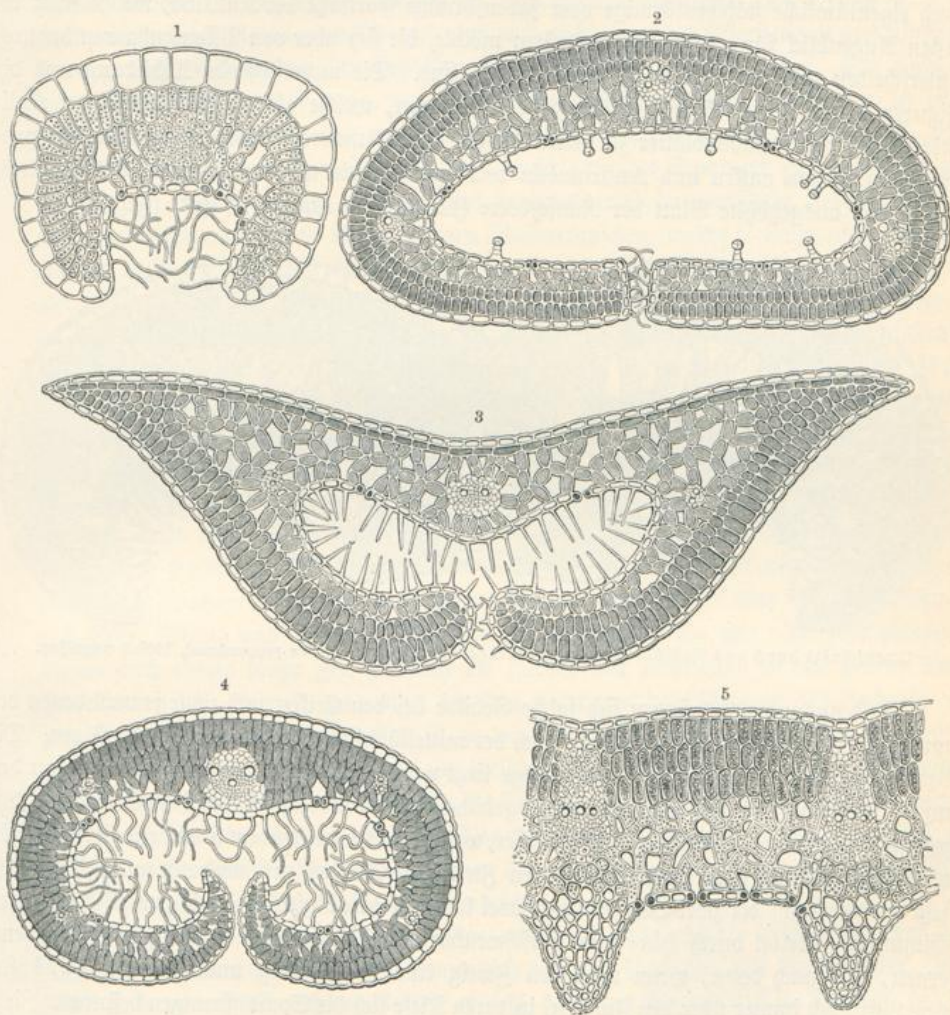


Äzaleenteppich auf den Höhen der Kjölen.

Nach Aquarell von Ernst Heyn.



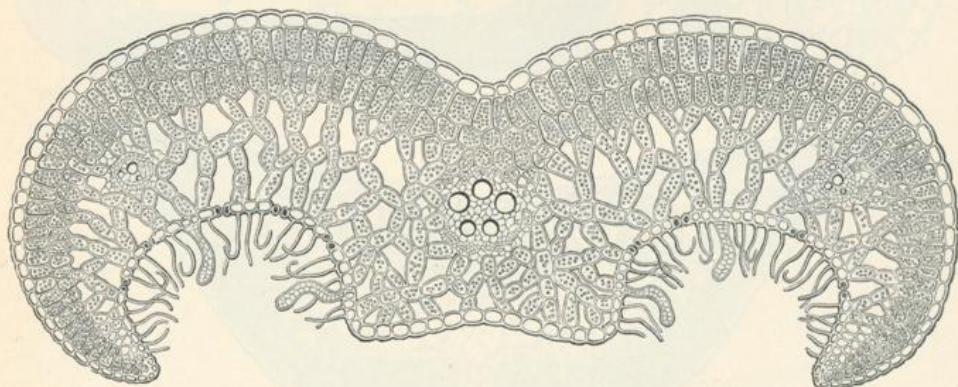
Mitunter springen im Mittelfeld an der unteren Seite des Rollblattes mehrere kräftige, netzförmig verbundene Rippen vor und rahmen kleine Gruben und Grübchen ein, in deren Tiefe die Spaltöffnungen liegen. Als Beispiel für diese Form ist unten, Fig. 5, ein Stück von dem Blatte der weitverbreiteten, netzaderigen Weide *Salix reticulata* abgebildet.



Duerschnitte durch Rollblätter: 1 *Erica castra*, 280fach vergrößert; 2 *Empetrum nigrum*, 160fach vergrößert; 3 *Andromeda tetragona*, 150fach vergrößert; 4 *Tylandthus ericoides*, 130fach vergrößert; 5 *Salix reticulata*, 200fach vergrößert. (Zu S. 216—218.)

Ob schon alle diese Rollblätter den Eindruck des Festen und Starren machen und mitunter an die Nadelblätter der Koniferen erinnern, so sind sie doch im Gegensatz zu diesen im Inneren mit einem sehr lockeren Schwammparenchym ausgefüllt, das weit mehr Raum beansprucht als das unter der Oberhaut der oberen Seite liegende Palisadengewebe. Die Oberhaut der oberen Seite ist an allen Rollblättern leicht netzbar, häufig uneben, mit feinen Runzeln versehen, ohne Wachsüberzug und meist auch ohne Haare. Ihre Zellen sind nach außen zu gewöhnlich stark verdickt und schließen lückenlos zusammen. An der unteren Seite

ist das alles anders. Hier finden sich Spaltöffnungen in großer Menge, und die Oberhaut ist entweder mit Wachs überzogen, wie bei der Gränke, der Moosbeere und der negaderigen Weide (*Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris* und *Salix reticulata*), oder mit feinem Filz bekleidet, wie bei dem Sumpfsorst (*Ledum palustre*). Sehr häufig finden sich hier auch eigentümliche stäbchenförmige oder fadenförmige Fortsätze der Kutikula, welche man im ersten Augenblick für winzige Haare halten möchte, die sich aber von Pflanzenhaaren dadurch unterscheiden, daß sie nicht hohl, sondern solid sind. Die untenstehende Abbildung und die Figuren 1 und 3 auf S. 217 zeigen diese Bildungen, welche als ein Seitenstück der Kutikularzapfen der Bambusblätter zu gelten haben, an der unteren Blattseite von *Azalea procumbens*, *Erica castra* und *Andromeda tetragona* sowie an den Rändern des Spaltes, der in das ausgehöhlte Blatt der Kauschbeere (*Empetrum nigrum*) führt (Fig. 2).



Duerchschnitt durch das Rollblatt der niederliegenden Azalea (*Azalea procumbens*), 140fach vergrößert.

Fast ausnahmslos finden sich solche Gebilde bei den Ericen und zwar sowohl denen der norddeutschen Moore und Heiden als auch der mittelländischen und kapländischen Flora. Die Bedeutung dieser unendlich zarten Überzüge liegt vorzüglich darin, daß an ihnen wie an den auf S. 210 und 211 besprochenen und abgebildeten Kutikularzapfen der Bambusblätter Luft anhaftet und zwar so innig, daß selbst Wasser, welches mit bedeutendem Druck einwirkt, sie nicht verdrängt. Taucht man einen belüfteten Zweig der *Azalea procumbens* unter Wasser, so sieht man entlang der zwei Längsfurchen zwei langgestreckte Luftblasen wie zwei Silberstreifen schimmern. Selbst durch Hin- und Herschwenken vermag man diese Luftblasen nicht zu entfernen, und auch dann, wenn man den Zweig eine Woche lang untergetaucht läßt, haftet diese Luft noch immer über den Furchen, in deren Tiefe sich die Spaltöffnungen befinden. Zieht man den Zweig wieder aus dem Wasser, so sieht man, daß zwar die Oberseite der Blätter benetzt, von den Spaltöffnungen der Unterseite aber das Wasser ferngehalten wurde. Und wie mit *Azalea procumbens*, so verhält es sich mit allen anderen Rollblättern, mögen sie einer Pflanze des Kaplandes oder einem Heidekraute der baltischen Tiefebene angehören.

Daß durch die Einrichtung der Rollblätter, wie sie soeben geschildert wurde, ein Schutz der Spaltöffnungen gegen Nässe vorhanden und der Weg für das dunstförmige Wasser und Gase freigehalten wird, kann wohl nicht bezweifelt werden. Es fragt sich nur, wie es kommt, daß diese Einrichtung an Pflanzen unter so entlegenen und zugleich klimatisch so abweichenden Himmelsstrichen angetroffen wird.

Um hierüber ins Klare zu kommen, versetzen wir uns in mehrere Landschaften, welche sich durch besonders häufiges Vorkommen von Pflanzen mit Rollblättern auszeichnen. Zunächst auf einen der hochgelegenen Rücken in den Zentralalpen, auf denen, verwebt mit bleichen Flechten, die niederliegende Azalea den Boden in dichtem Schluß überzieht, wo *Erica carnea* in ausgedehnten Beständen weite Halden überkleidet, wo *Dryas octopetala*, *Salix reticulata*, *Homogyne discolor* und noch mehrere andere Pflanzen mit ausgesprochenen immergrünen Rollblättern ihre Teppiche über das steinige Erdreich weben. Der Boden, in dem alle diese Pflanzen wurzeln, und dem sie ihre flüssige Nahrung entnehmen, ist reich an Dammerde und hält nicht nur von dem Schmelzwasser der winterlichen Schneedecke, sondern auch von den reichlichen atmosphärischen Niederschlägen des Sommers große Mengen zurück. Wochenlang sind die Höhen in kalte, alles benetzende und durchnässende Nebel gehüllt, und an jedem Halm und jedem Blatte hängen Wassertropfen, welche so lange nicht verdampfen, als die Luft überreich mit Wasserdampf erfüllt ist. Endlich hellt sich einmal der Himmel auf, und das an den Pflanzen hängende Wasser beginnt sich zu verflüchtigen. Aber schon in der darauffolgenden hellen Nacht beschlagen sich alle Pflanzen infolge starker Ausstrahlung und Abkühlung wieder mit sehr reichlichem Tau, der sich nicht selten bis in die Mittagsstunden des nächsten Tages erhält. Im Sonnenschein, besonders wenn trockene Winde über die Höhe wehen, findet dann endlich Transpiration statt. Wer kann wissen, wie lange? Jeder Augenblick ist kostbar, und jede Hinderung der für die Pflanze so wichtigen Ausdünstung wäre von Nachteil. Besonders dürfen die Ausgänge für den Wasserdampf an der unteren Seite der Blätter nicht verlegt sein, und zu diesem Zweck ist die oben geschilderte Einrichtung getroffen. Es ist kaum daran zu zweifeln, daß die früher genannten Hochgebirgspflanzen in feuchten Perioden, wenn ununterbrochen dichte Nebel über den Gehängen lagern und Erde, Steine und Kräuter von Nässe triefen, wochenlang gar nicht transpirieren und darum auch ebenso lange Zeit hindurch die Zufuhr von Nährsalzen zu den grünen Blättern unterbrochen ist. Bedenkt man nun, wie kurz überhaupt den Pflanzen des Hochgebirges die Zeit zu ihrer Jahresarbeit bemessen ist, so wird es auch begreiflich, wie hier die kräftigsten Förderungsmittel der Transpiration zur Geltung kommen müssen, und wie alles möglichst hintangehalten sein soll, was diesen für die Pflanzen so wichtigen Vorgang unterdrücken oder auch nur beschränken könnte. Wenige Monate, nachdem der letzte Schnee von den Höhen gewichen, fällt ohnedies schon wieder neuer Schnee, der dann während des langen Winters Ernährung und Wachstum gänzlich unterbricht.

Aus diesen klimatischen Verhältnissen erklärt sich aber auch die Erscheinung, daß so viele Pflanzen der alpinen Region, namentlich fast alle Gewächse mit Rollblättern, immergrün sind. Es ist dadurch der Vorteil erreicht, daß jeder Sonnenblick im Verlaufe der kurzen Vegetationszeit ausgenutzt werden kann, ja daß schon am ersten sonnigen Tage, nachdem der Winterschnee geschmolzen und der Boden nur einigermaßen erwärmt ist, die vom verflossenen Jahre erhaltenen Blätter zu transpirieren und organische Stoffe zu bilden beginnen. Man könnte gegen diesen Erklärungsversuch zwar einwenden, daß in den Steppen die Vegetationszeit auch auf den kurzen Zeitraum von drei Monaten eingeschränkt ist, und daß doch gerade der Steppe die immergrünen Pflanzen mit Rollblättern vollständig fehlen. In der Steppe sind aber im Verlaufe der dreimonatigen Vegetationszeit die Feuchtigkeitsverhältnisse wesentlich andere als in der Hochgebirgsregion. Dort wird die Transpiration niemals durch übermäßige Feuchtigkeit zum zeitweiligen Stillstehen gebracht; die Blätter können

während der ganzen Vegetationszeit ununterbrochen transpirieren und haben ihre Jahresarbeit schon im Hochsommer abgeschlossen. Infolge der Trockenheit des Hochsommers vergilben und verdorren die Laubblätter lange vor Eintritt des Winters, und von grünen Blättern, welche sich den Winter hindurch bis zur nächsten Vegetationszeit funktionsfähig zu erhalten vermöchten, ist auf der Steppe keine Spur zu sehen.

In den Niederungen hochnordischer Gegenden findet sich bekanntlich ein Teil der Gewächse wieder, welche die Hochgebirge der südlicher gelegenen Gelände schmücken. Über den Boden der arktischen Landschaft schreitend, berührt unser Fuß dieselben Teppiche der niederliegenden Azalea, der Zwergweide und Silberwurz (*Azalea procumbens*, *Salix reticulata*, *Dryas octopetala*). Dazu kommen noch andere kleine, wintergrüne Pflanzen, wie z. B. *Cassiope tetragona*, die gleichfalls mit Kollblättern ausgestattet sind. Wäre es nicht aus den Aufzeichnungen der Nordpolfahrer bekannt, daß im arktischen Gebiete die Zahl der die Transpiration behindernden nebeligen Tage im Verlaufe des kurzen Sommers noch viel größer ist als in den südlicher gelegenen Hochgebirgen, und daß daher auch dort nicht eine Beschränkung, sondern eine Förderung der Transpiration und die möglichste Ausnutzung der kurzen Zeiträume, in denen eine Hebung der Nährsalze aus dem Boden möglich ist, zur Notwendigkeit wird, so könnte schon aus dem häufigen Vorkommen dieser kleinen, teppichbildenden, mit immergrünen Kollblättern ausgestatteten Pflanzen darauf geschlossen werden. Abgesehen von anderen Ursachen, namentlich von der geschichtlichen Entwicklung der verschiedenen Florengebiete, liegt in der oben gegebenen Deutung des immergrünen Kollblattes auch eine Erklärung der Ähnlichkeit und teilweisen Übereinstimmung der arktischen Flora mit der Flora der genannten Hochgebirge.

Und nun hinab auf das Tiefland, längs der Nord- und Ostsee und auf die Niederungen, welche dem Nordfuße der Alpen vorgelagert sind. Wo nicht der Mensch den Boden in Ackerland umgestaltet hat: Moor und Heide, Heide und Moor in ermüdender Eintönigkeit. Zumal in den Mooren immer und immer dieselben Gewächse, unterschiedliches Heidekraut (*Calluna vulgaris*, *Erica Tetralix*, *Erica cinerea*), Rauschbeere (*Empetrum nigrum*), Moosbeere (*Oxycoccus palustris*), Gränke (*Andromeda polifolia*), Sumpfsporst (*Ledum palustre*), durchweg Pflanzen mit immergrünen Kollblättern, wie im Hochgebirge. Einige dieser kleinen immergrünen Sträucher, nämlich die Rauschbeere und das Besenheidekraut (*Calluna vulgaris*), lassen sich auch in ununterbrochenem Zuge von der Ebene bis hinauf zur Höhe von 2450 m auf die Kämme der Alpen verfolgen. Und merkwürdig, diese Pflanzen blühen im Tieflande nicht viel früher als hoch oben in der alpinen Region, ja für *Calluna* ist es sogar nachgewiesen, daß sie in der Höhe von 2000 m etwas zeitiger aufblüht als im nördlichen Teile des deutschen Tieflandes. Wie kommt das? Im Tieflande ist doch der Winterschnee längst verschwunden, wenn dort oben die Galden noch in die weiße, kalte Decke gehüllt sind. Der Winterschnee allerdings, nicht aber der Winter! Wenn ringsum schon alles blüht, wenn an den Roggenhalmen schon die Ähren sichtbar werden, ist das Moor nebenan noch öde und ohne Leben. Erst einen Monat später regt es sich auch auf dem kalten Moor, und die Wurzeln der mit immergrünen Kollblättern ausgestatteten Pflanzen entfalten ihre Tätigkeit. Wenn die warmen Tage des Hochsommers kommen und die Sonne ihre kräftigen Strahlen herabsendet, dann nimmt die Temperatur des Bodens rasch zu und erhöht sich sogar weit mehr, als man glauben möchte. Die feuchten Polster des Torfmooses fühlen sich mittags ganz warm an; das Thermometer, an einem

wolkenlosen Sommertage (22. Juni) in die oberste, moosige Schicht eines Hochmoores 3 cm tief eingesenkt, zeigte bei einer gleichzeitigen Schattentemperatur der Luft von 13° eine Temperatur von 31° C. Ein unbehaglicher Dunst entsteigt dem feuchten Boden, lagert über der Fläche und macht eine Wanderung über die Moorheide höchst unerquicklich. Kaum ist die Sonne glühendrot unter den Horizont hinabgesunken, so verdichtet sich dieser Dunst zu Nebelstreifen, welche über dem düsteren Moore lagern; Halme, Zweige und Blätter beschlagen sich mit Wassertropfen, und am nächsten Morgen ist alles so durchnäßt, als ob es die ganze Nacht hindurch geregnet hätte. Dieses Spiel, das sich bei hellem Wetter regelmäßig wiederholt, wird nur dann unterbrochen, wenn feuchter Wind vom Meere her über die Fläche streicht, Wolkenmassen über die Heide jagen und reichlicher Regen den Boden nezt. Daß unter solchen Verhältnissen eine ausgiebige und ununterbrochene Ausdünstung der Pflanzen unmöglich ist, daß in den kurzen Zeiträumen, welche der Transpiration der Blätter gegönnt sind, die Ausführungsgänge aus dem weitmaschigen Schwammparenchym nicht verschlossen sein dürfen, bedarf wohl keiner weiteren Ausführung, und es braucht auch nicht nochmals begründet zu werden, daß das immergrüne Kollblatt für diese Verhältnisse die entsprechendste und vorteilhafteste Blattform ist.

Nicht mit Unrecht wird von den Laien die kapländische Flora mit jener der norddeutschen Niederung verglichen. Unzählige niedere Büsche, die dem Heidekraut, dem Sumpfsorst und der Rauschbeere täuschend ähnlich sehen, alle mit immergrünen, starren, an den Rändern zurückgerollten, ganzrandigen, kleinen Blättern; die Oberseite des Laubes meist von düsterem Grün, die Unterseite wieder mit denselben Einrichtungen, wie sie die Kollblätter der Pflanzen auf der Moorheide an der Ostsee und auf den kalten Gründen der arktischen Tundra zeigen. Zum Teil gehört dieses immergrüne Buschwerk sogar denselben Familien an. Zumal die Eriken sind am Kap in überschwenglicher Mannigfaltigkeit vertreten, indem man deren über 400 Arten zählt, also weit mehr, als die ganze andere Welt zusammengenommen aufweist. Aber auch eine große Menge von Arten aus anderen Familien, namentlich Rhamnazeen, Proteazeen, Epakridazeen, Santalazeen, weisen ein ganz ähnliches Laub auf und sind ohne Blüten und Früchte von den Eriken oft kaum zu unterscheiden. Es ist diese niedere, immergrüne Buschvegetation nicht über das ganze Kapland verbreitet, sondern auf die Nähe der Küste und auch da nur auf die nach Südwesten terrassenförmig abfallenden Gelände und auf den steil über die Kapstadt sich erhebenden berühmten Tafelberg beschränkt. Gerade über diesen Landschaften verdichtet sich aber der von den Seewinden mitgebrachte Wasserdampf, und fünf Monate hindurch, von Mai bis Anfang Oktober, wird nicht nur der Boden durch reichlichen Regen benetzt, sondern, was vielleicht noch wichtiger ist, alle die immergrünen Büsche sind dann durch den niedergeschlagenen Wasserdampf feucht und triefen oft geradezu vom Wasser wie das Heidekraut auf dem Moorboden der deutschen Niederung. Der Tafelberg ist zudem auch noch dann, wenn die Entwicklung der Vegetation auf den tieferen Terrassen des südwestlichen Küstengebietes wegen zunehmender Trockenheit stillsteht, in die berühmte, unter dem Namen „Tafeltuch“ bekannte Wolkenbank gehüllt, und die auf seinen oberen Stufen und Rämmen wachsenden Pflanzen sind während dieser Zeit nicht weniger durchnäßt als die niederliegende Azalea auf einem Bergrücken der Zentralalpen, auf welchem der Südwind seiner Feuchtigkeit beraubt wird. Gerade in diese feuchte Periode fällt aber der Zuwachs der in Frage stehenden Gewächse. Auf der Höhe des Tafelberges blühen und treiben die meisten Pflanzen im Februar, März und April, auf den tieferen Terrassen vom Mai bis



in den September. Während in den nördlichen Gegenden und im Hochgebirge das Ende der jährlichen Arbeit der Pflanzen mit dem Eintritt der Kälte zusammenhängt, ist es im Kaplande die Trockenheit des Bodens, welche durch längere Zeit die Vegetation zum Stillstande bringt, die aber hier im Küstengebiete doch niemals so extrem wird, daß die Pflanzen, so wie in der Steppe, dem Verdorren ausgesetzt wären.

Und ähnlich wie an der Südwestküste des Kaplandes verhält es sich auch an den Küsten, welche das Mitteländische Meer umranden, und in den Landstrichen, die im Westen Europas von den dunstbeladen über die Atlantik herkommenden Seewinden bestrichen werden. Die Flora von Portugal und die des südwestlichen Frankreich sind durch eine Fülle von niederen Büschen mit immergrünen Kollblättern, namentlich durch mehrere gefellig wachsende Eriken, ausgezeichnet. Auch hier findet der jährliche Zuwachs in der feuchtesten Zeit des Jahres statt, und es muß vorgesorgt sein, daß in dieser Periode die Bildung organischer Substanz, die Aufnahme von Nährsalzen aus dem Boden und insofern die Transpiration ununterbrochen und ungehindert vonstatten gehen kann. Auch hier endet mit dem Eintritt der Trockenheit die Tätigkeit der Saugwurzeln, und auch hier ist die immergrüne Vegetation vom Küstenfaume weg genau so weit verbreitet, als sich der feuchte Seewind geltend macht.

#### Der Schutz gegen die Gefahren übermäßiger Transpiration.

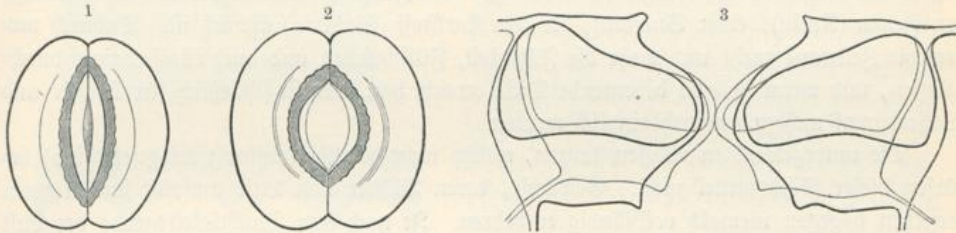
Die Transpiration, die Verdunstung des von den Wurzeln aufgenommenen Wassers durch die Blätter, ist für die Existenz der Pflanze notwendig; aber es leuchtet ein, daß dieser Vorgang auch ihre Existenz bedrohen könnte, wenn er die gewöhnliche Grenze überschritte. Das könnte leicht eintreten, wenn die Wasserzufuhr durch die Wurzeln einmal aussetzte oder ganz aufhörte, denn unter diesen Umständen würden die Blätter nicht aufhören, fortdauernd Wasser zu verdunsten, und bei ausbleibendem Nachschub müßten sie langsam vertrocknen. Schneidet man einen belaubten Zweig ab und stellt ihn in ein trockenes Glas, so beginnen, wie allgemein bekannt ist, nach einiger Zeit die Blätter in Folge des Wasserverlustes schlaff zu werden, auch die Stengelspitze neigt sich, die Pflanze verliert vollständig ihre Form, sie welkt, wie man sagt. Hier ist durch Trennung des Sprosses von der Wurzel die Wasserzufuhr unterbrochen. Aber auch eine unverletzte Pflanze kann dieselbe Erscheinung des Welkens zeigen, wenn ihr Boden längere Zeit kein Wasser empfängt. Da in manchen Klimaten die Durchfeuchtung des Bodens zu bestimmten Jahreszeiten ziemlich regelmäßig unter das für die Pflanzen notwendige Maß heruntergeht, so ist es begreiflich, daß überhaupt alle Pflanzen Einrichtungen besitzen, die Transpiration zu regeln, und daß viele noch mit weiteren Schutzmaßnahmen gegen die Vertrocknung versehen sind.

Die Regelung der Transpiration erfolgt durch die Spaltöffnungen, der Schutz vor übermäßiger Verdunstung durch entsprechende Ausbildung der Oberhaut oder durch Gestalt und Lage der verdunstenden Blätter und Zweige.

Zunächst betrachten wir die Spaltöffnungen. Diese müssen zu der Zeit, wenn das grüne Gewebe bei der Bildung organischer Substanzen Nährsalze aus dem Boden nötig hat, offen sein; alle Bedingungen, welche die Transpiration und damit die Hebung von wässriger Lösung aus dem reichlich durchfeuchteten Boden fördern, sind willkommen. Nimmt die Wärme und Trockenheit der Luft noch zu, nachdem das grüne Parenchym seine Arbeit beendet hat,

oder würde der Boden, dem die Saugzellen bisher den Bedarf an Flüssigkeit entnommen hatten, so sehr austrocknen, daß das Wasser, welches verdunstet, nicht mehr ersetzt werden könnte, so ist es Zeit, daß die Spaltöffnungen sich schließen. Das geschieht durch die beiden Zellen der Spaltöffnung, die man darum auch die Schließzellen genannt hat.

Um sich den Mechanismus des Schließens und des Öffnens der Spaltöffnungen klarzumachen, ist es notwendig, auf den Bau dieser Zellen etwas näher einzugehen. Beide Zellen sind im Umriss bohnenförmig oder halbmondförmig, wenden ihre konkave Seite der Spalte zu und sind nur an den Enden miteinander verwachsen (s. untenstehende Abbildung, Fig. 1 und 2). Mit der konvexen Seite grenzen sie an die benachbarten, meistens plattenförmigen Zellen der Oberhaut, mit der Außenwand an die atmosphärische Luft und mit der Innenwand an einen Interzellularraum zwischen Palisadenzellen und Schwammparenchym. An jeder Schließzelle ist das nach außen sowie das nach innen gefehrte Stück der Wand stark verdickt; jene Wand aber, durch welche die Schließzelle mit einer benachbarten Oberhautzelle



Zur Erklärung des Öffnens und Schließens der Spaltöffnungen (nach Schwendener). 1 und 2 stellen Spaltöffnungen im geschlossenen und offenen Zustande von oben gesehen dar. Die schraffierten Teile sind die Kutikularleisten, welche bei der offenen Spalte stark gebogen werden und beim Verfluß in Wirkung treten, indem sie ihre Form wieder annehmen. 3 zeigt den Durchschnitt einer Spaltöffnung im geschlossenen und offenen Zustand übereinander gezeichnet, um die Änderung der Form bei ihren Bewegungen zu zeigen.

in Verbindung steht, sowie auch das Wandstück, welches unmittelbar an die Spaltöffnung angrenzt, sind dünn und auch elastisch dehnbar. Wenn die Schließzellen sich zuzeiten reichlich mit Wasser füllen, so ändert sich die Krümmung jener Wandstücke, welche dünn und elastisch sind, am meisten die Wand, welche seitlich an die anderen Oberhautzellen angrenzt. Sie baucht sich aus, zugleich wird die ganze Zelle in der Richtung nach außen und innen ausgeweitet, und es rücken dadurch die beiden Schließzellen auseinander (Fig. 3). Werden dagegen die Schließzellen zu anderen Zeiten wasserärmer, so sinken sie wieder zusammen, die beiden den Spalt begrenzenden Wandstücke rücken gegeneinander vor und schließen die Öffnung. Die Schwellung der Schließzellen erfolgt durch Aufnahme von Wasser aus den benachbarten Hautzellen, und umgekehrt geht bei der Abschwellung wieder Flüssigkeit in diese Hautzellen über, ein Vorgang, den man als Turgeszenzänderung bezeichnet. Bei dem Schließen wirken auch die an der Außenseite und Innenseite der Schließzellen gebildeten Kutikularleisten mit, indem sie bei der Schwellung der Schließzellen gehoben und gebogen werden und nun wie gespannte Federn wirken, die die Schließzellen zusammenzudrücken streben. Sinkt in den Schließzellen der Turgor, dann treten diese Federn in Tätigkeit und schließen die Spalte. So ist dieser Mechanismus ein ausgezeichneter Regulator der Transpiration, ein Schutzmittel gegen zu weitgehende Ausdünstung.

Dieser Verfluß des Blattinneren, so wichtig er ist, wird aber für sich allein nicht immer jede drohende Gefahr abwenden können. Ist die Haut, welche über die dünnwandigen

verdunstenden Zellen des Schwammparenchyms gespannt ist, selbst dünnwandig und saftreich, so kann ja auch von ihr an die trockene Atmosphäre Wasser abgegeben werden. Zunächst würde der Wasserverlust der Hautzellen aus den angrenzenden Parenchymzellen im Inneren des Blattes ersetzt werden, aber schließlich würden die Laubblätter bei fehlendem oder ungenügendem Nachschub von Wasser aus den Wurzeln vertrocknen. Es müssen daher besonders die Oberhautzellen gegen Verdunstung geschützt sein. Wenn sie das sind, und wenn sich zugleich die Spaltöffnungen geschlossen haben, sind damit auch das Assimilationsparenchym und alle von der Haut umschlossenen saftreichen Zellen im Inneren des Blattes gegen die Gefahren einer übermäßigen Transpiration gesichert.

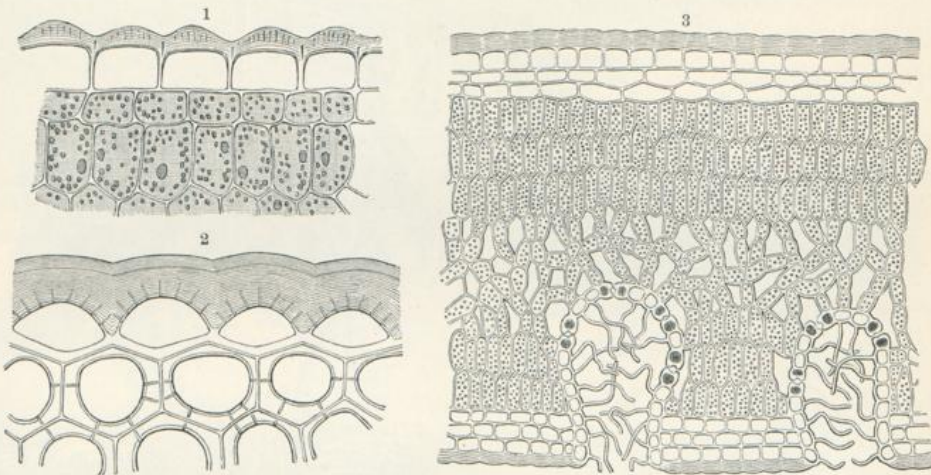
In der Jugend der Blätter sind die Wände der Hautzellen vorwiegend aus Zellstoff (Zellulose) gebildet und nach allen Seiten hin gleichmäßig zart und dünn. Später aber verdickt sich ihre Wand, welche nach außen zu an die Luft grenzt, und gliedert sich in eine innere und eine äußere Schicht. Die innere behält noch die ursprünglichen Eigenschaften; die äußere aber erfährt eine wichtige Veränderung. Der Zellstoff wird ersetzt durch ein Gemenge von Fetten (Kutin), einer Substanz, die dem Korkstoff (Suberin) ähnlich ist. Dadurch verliert die Zellwand mehr und mehr die Fähigkeit, Flüssigkeiten und auch Wasserdampf durchzulassen, und wenn sie eine bedeutende Dicke erreicht hat, kann sie schließlich für Wasser und Wasserdampf nahezu undurchdringlich werden.

Die untergetauchten Wasserpflanzen, welche nicht der Verdunstung ausgesetzt sind, bedürfen dieser Schutzmittel nicht. Gewächse, deren Blätter von Luft umspült sind, können derselben dagegen niemals vollständig entbehren. Je nach dem Feuchtigkeitsgrade der Luft ist nun aber die Dicke dieser Kutikularschichten außerordentlich wechselnd. Dort, wo die Luft das ganze Jahr über sehr feucht ist, erscheint in den Blättern die Außenwand der Hautzellen nur wenig dicker als die Innenwand, und es bildet die Kutikula nur eine ungemein dünne Schicht, die alle Hautzellen überzieht. Dagegen zeigen Gewächse, welche zeitweilig trockener Luft ausgesetzt sind, sehr entwickelte Kutikularschichten. Namentlich dann, wenn die Blätter immergrün sind und mehrere Jahre an den Zweigen bleiben, wie z. B. an der Stechpalme und dem Oleander (*Nex Aquifolium* und *Nerium Oleander*, s. Abbildung, S. 225, Fig. 2 und 3), sind die Kutikularschichten mächtig entwickelt, wobei die Außenwand der Hautzellen die Innenwand um das Vielfache an Dicke übertrifft. Auch die immergrünen Schmarogerpflanzen, wie z. B. die Mistel (Fig. 1), dann jene tropischen Orchideen und Bromeliaceen, welche auf der Borke von Bäumen wachsen und in der heißen Jahresperiode oft großer Trockenheit ausgesetzt sind, weiterhin die Kakteen und überhaupt die meisten Fetzpflanzen besitzen sehr stark verdickte und kutikularisierte Außenwände ihrer Hautzellen. Ebenso auch die Nadelhölzer mit immergrünen nadelförmigen Blättern, da die Wasserzufuhr im Winter bei der Bodenkälte und der durch Schneebildung erzeugten Lufttrockenheit sich sehr ungünstig gestaltet. Daß auch die Mangroven starre Blätter mit dickem Wassergewebe besitzen, obwohl sie in der feuchten Strandregion ihre Standorte haben, wird gleichfalls aus der Notwendigkeit einer Beschränkung ihrer Transpiration erklärt. Diese Bäume wurzeln bekanntlich in salzigem und brackigem Wasser an Küstenjäumen der tropischen Meere. Ein starker Transpirationsstrom würde eine große Menge von Salzen in das Gewebe der Blätter bringen, und bei ausgiebiger Transpiration müßte dort der Zellsaft einen Konzentrationsgrad erreichen, der für die Aufgabe der grünen Blätter nichts weniger als vorteilhaft wäre.

In der Regel sind Kutikula und Kutikularschichten in gleicher Dicke über die ganze

Blattfläche ausgebreitet, wie das namentlich bei glatten, glänzenden, lederigen, immergrünen Blättern der Fall ist. Nicht selten findet aber auch eine ungleichmäßige Verdickung statt, zumal in der Umgebung der Spaltöffnungen, wo sich wallartige Kingleisten erheben, wie bei *Protea mellifera* (s. Abbildung, S. 212, Fig. 3), oder wo sich zapfenförmige Vorsprünge ausbilden, wie bei den Bambusarten (s. Abbildung, S. 211), oder wo haarähnliche, verlängerte Fäden entstehen, wie bei den Kollblättern der *Azalea* und vieler Eriken (s. Abbildungen, S. 217 und 218).

Es wäre übrigens irrig, zu glauben, daß die Ausbildung einer dicken Kutikula an den Hautzellen eine Eigentümlichkeit immergrüner Blätter sei. Pflanzen, die jahraus jahrein von feuchter Atmosphäre umgeben und der Gefahr einer unverhältnismäßig großen Verdunstung



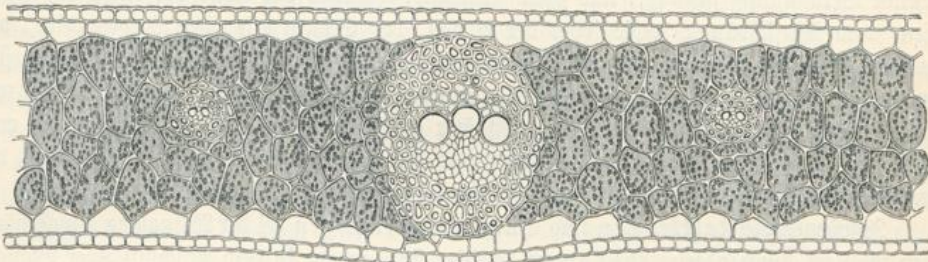
Verdicke, geschichtete Kutikula: 1 Querschnitt durch ein Blattstück der Mistel (*Viscum album*), 420fach vergrößert; 2 Querschnitt durch ein Blattstück der Stechpalme (*Ilex Aquifolium*), 500fach vergrößert; 3 Querschnitt durch das Blatt des Oleanders (*Nerium Oleander*), 320fach vergrößert. (Zu S. 212 u. 224.)

an ihren natürlichen Standorten niemals ausgesetzt sind, haben sehr häufig immergrüne Blätter und besitzen dennoch Hautzellen, deren Außenwand nicht dicker oder kaum dicker ist als die Innenwand, und umgekehrt zeigen Gewächse mit anscheinend zartem, dünnem, sommergrünem Laube recht ansehnliche Verdickungsschichten. Für die Kultur der Pflanzen ist die Kenntnis dieser Verhältnisse von größter Wichtigkeit, und die Gärtner wissen recht gut, daß sie manche Pflanzen, wenn sie auch noch so widerstandsfähig aussehen, der feuchten Atmosphäre der Gewächshäuser niemals entziehen dürfen, weil die Blätter sonst geradezu vertrocknen wie jene der Wasserpflanzen, die man aus dem Wasser gezogen und an die Luft gelegt hat. Von *Caryota propinqua*, einer Palmenart, welche die Abbildung auf S. 226 an ihrem natürlichen Standorte wachsend darstellt, wurde in der feuchten Luft eines Gewächshauses im Wiener Botanischen Garten ein prächtiger Stamm mit großen schönen Blättern kultiviert; derselbe wurde an einem Sommertag, an dem sich die Temperatur im Freien von der Temperatur des Gewächshauses nicht unterschied, mitsamt dem Kübel, in dem er wurzelte, ins Freie, und zwar an eine halbschattige, dem Sonnenbrande durchaus nicht ausgesetzte Stelle übertragen. Nachdem aber am anderen Tage nur ganz kurze Zeit ein warmer, trockener Ostwind über die Blätter geweht hatte, bräunten sich diese, und am Abend waren



*Caryota propinqua.* (Zu S. 225.)

die Blätter verdorrt und abgestorben. Und doch sehen die Abschnitte der Blätter dieser Palme straff, lederig und trocken aus, und man möchte glauben, daß sie gegen das Vertrocknen ausgezeichnet geschützt seien. Der Durchschnitt eines Blattstückes, welchen die untenstehende Abbildung darstellt, belehrt uns freilich eines Besseren. Er zeigt, daß die Oberhautzellen zwar sehr klein sind, wodurch die Festigkeit des Blattes wesentlich erhöht wird, daß ihre Wände aber keine Verdickung erfahren haben, sondern so dünn wie jene eines zarten Farnwedels geblieben sind. Unter den dünnwandigen kleinen Oberhautzellen liegen dann saftreiche große Zellen, welche dem sogenannten äußeren Wassergewebe angehören, und deren Wandungen gleichfalls die Verdunstung nicht beschränken, und dann folgen die großen saftreichen Zellen des grünen Gewebes. Bei dem Anblick dieses Blattquerschnittes wird es begreiflich, daß diese Palme wohl in ihre feucht-warme Heimat, wo sie einer starken Verdunstung niemals ausgesetzt ist, nicht aber in die trockene, wenn auch warme Luft eines kontinentalen Klimas paßt.



Querschnitt durch ein Stück des Blattes von *Caryota propinqua*, 260fach vergrößert.

Von den wachsartigen Auscheidungen der Zellhäute, die als abwischbare Überzüge beider Blattseiten erscheinen und diesen oft, statt des tiefen Grüns, eine matte bläuliche, graue oder weißliche Färbung erteilen, wurde schon früher erwähnt, daß ihnen eine wichtige Bedeutung als Schutzmittel der Oberhaut gegen Benetzung zukommt. Daß aber durch diese Überzüge auch die Transpiration herabgesetzt werden kann, ist begreiflich. Versuche haben ergeben, daß in dem gleichen Zeitraum und unter sonst gleichen Verhältnissen Blätter, von denen man den wachsartigen Überzug durch Abwischen sorgfältig entfernt hatte, beinahe ein Drittel mehr Wasser durch Ausdünstung verloren, als Blätter, auf denen der Wachsüberzug belassen wurde. Bei gewissen Schotengewächsen und Rutazeen der Steppen, bei zahlreichen Myrtazeen und Akazien Australiens, bei den meisten Nelken und Wolfsmilchgewächsen der mittelländischen Flora, bei den Sukkulenteu der Kanaren und noch bei zahlreichen anderen Pflanzen findet sich der Wachsüberzug gleichmäßig an beiden Seiten der Blätter. Es gibt aber auch sehr viele Arten, bei denen er nur an der unteren Blattseite ausgebildet wird. So z. B. sind die Laubblätter der Bruchweide, des Mandelbaumes, des Bergahorns und der kleinblättrigen Linde (*Salix fragilis*, *Amygdalus communis*, *A. Pseudoplatanus*, *Tilia parvifolia*) an der oberen Seite dunkelgrün und nur an der unteren Seite infolge des Wachsüberzuges bläulich gefärbt. Bei ruhiger Luft sind diese Blätter an den aufrechten Zweigen der genannten Bäume und Sträucher so eingestellt, daß ihre untere Seite der Erde zugewendet ist; der Anprall mäßiger Luftwellen genügt aber, um die Zweige gegen den Windschatten hinzubeugen und gleichzeitig die von biegsamen Stielen getragenen Blattspreiten so zu wenden,

daß nicht mehr ihre obere, sondern die untere Seite der Sonne und der Hauptströmung des austrocknenden Windes zugekehrt ist. Auch in diesen Fällen verhindert demnach der Wachsüberzug ein für die betreffende Pflanze nachteiliges Übermaß der Verdunstung.

Daß die von Köpfschenhaaren und anderen drüsentragenden Gebilden ausgeschiedenen firnisartigen Überzüge der Haut, welche aus einem Gemenge von Schleim und Harz bestehen, die Transpiration zu beschränken imstande sind, wurde gleichfalls bei früherer Gelegenheit (S. 177 und 184) schon angedeutet. Diese Überzüge sind besonders bei vielen Pflanzen der Mittelmeerflora entwickelt, namentlich bei einer ganzen Reihe von strauchartigen Zistrosen (*Cistus laurifolius*, *populifolius*, *Clusii*, *ladaniferus*, *monspeliensis* usw.), und bei Staudenpflanzen, welche spät im trockenen Hochsommer zur Entwicklung kommen, wie z. B. der längs dem Meeresstrande häufigen *Inula viscosa*. Auch einige Steppen- und Präriepflanzen (z. B. *Centaurea Balsamita* der Hochsteppen Persiens und *Grindelia squarrosa* in den Prärien Nordamerikas) sind durch solche firnisähnliche Überzüge gegen eine zu weitgehende Verdunstung geschützt, und zwar zeitlebens, während das Laub der Kirschen-, Aprikosen- und Pfirsichbäume sowie jenes der Birken, der Schwarzerle, der Lorbeerweide, der Balsam- und Pyramidenpappel nur in der Jugend, wenn es eben erst aus den Knospen sich hervorgeedrängt hat und die Außenwände der Hautzellen noch nicht genügend verdickt sind, mit einem solchen Firnis überzogen erscheint, später aber, wenn die Kutikularschichten die entsprechende Ausbildung erlangt haben und nun selbst diesen Schutz übernehmen, den die Transpiration beschränkenden firnisartigen Überzug verliert.

Inwieweit die Kalkkrusten und Salzausscheidungen bei der Aufnahme atmosphärischen Wassers durch oberirdische Organe beteiligt sind, wurde in dem Abschnitt über Wasseraufnahme (S. 174—176) behandelt. Selbstverständlich vermögen diese Auflagerungen und Überzüge der Haut auch die Transpiration herabzusetzen. Die Kalkkrusten treten vorzüglich an Pflanzen, welche in den Spalten und Ritzen der Felsen wachsen, die Salzausscheidungen nur an Strand-, Steppen- und Wüstenpflanzen auf, aber stets bei niederen Sträuchern und Stauden mit schmalen, kleinen Blättern oder beschuppten Blattästen und bei Kräutern, welche mit ihrem Laube dem Boden anliegen. Das ist auch leicht begreiflich. Hohe Bäume könnten kaum die Last solcher mit Kalk- und Salzkrusten beschlagener Blätter tragen, selbst dann nicht, wenn ihren Stämmen und Ästen die denkbar größte Tragfähigkeit zukommen würde.

Man hat beobachtet, daß Pflanzen, welche mit Kalk- und Salzkrusten überzogene Blätter besitzen, oder an deren Hautzellen die Außenwand durch kutinisierte Schichten stark verdickt ist, fast immer kahl erscheinen, während umgekehrt Gewächse mit schwacher Außenwand der Hautzellen, wenn sie nicht das ganze Jahr in einer feuchten Atmosphäre oder im Wasser untergetaucht leben, mit haarähnlichen Gebilden besetzt sind. Schon diese gegenseitige Vertretung läßt darauf schließen, daß die Bekleidung mit Haaren das betreffende Blatt oder den betreffenden Stengel gerade so wie eine Verdickung mit Korkstoffschichten gegen Austrocknung zu schützen vermag. Allerdings darf man dabei nur an solche Pflanzenhaare denken, aus deren Zellen das Protoplasma geschwunden ist, und die dann saftlos und mit Luft erfüllt sind; denn jene Haargebilde, welche aus saftstrotzenden Zellen bestehen, würden gegen Verdunstung der unter der Oberhaut liegenden Gewebe nichts helfen; sie sind ja selbst schutzbedürftig, und es bestehen auch, wie bei Besprechung der Wasseraufnahme durch oberirdische Organe auseinandergesetzt wurde, für sie besondere Schutzvorrichtungen. Ungeschützt würden solche Gebilde Wasser an die umspülende Luft abgeben und dann fortwährend aus den anderen unter ihnen liegenden

Nachbarzellen Flüssigkeit nachsaugen. Bei luftgefüllten Zellen fällt diese Wirkung weg, und wenn sich ihre trockenen Membranen und die von diesen Membranen eingeschlossene Luft zwischen die trockene Atmosphäre und das saftreiche Pflanzengewebe einschalten, so wird das letztere gerade so gegen Verdunstung geschützt wie feuchte Erde, auf die man eine Decke aus trockenem Stroh oder aus Rohrhalmern gelegt hat.

Die Bedeutung luftgefüllter Zellen als Decke eines saftreichen Gewebes ist aber auch noch in anderer Beziehung zu würdigen. Bekanntlich wird die Verdunstung von der Oberfläche einer Flüssigkeit oder eines feuchten Körpers durch die Wärme der Sonnenstrahlen mächtig gefördert. Umgekehrt wird mit Beschränkung der Erwärmung auch die Verdunstung beschränkt. Indem wir einen trockenen Lappen als Schattendecke anwenden, setzen wir nicht nur die Temperatur, sondern auch die Verdunstung des beschatteten Körpers herab. Mit solchen trockenen Lappen lassen sich aber die luftgefüllten Haardichte an den Blättern vergleichen, und es läßt sich auch die ange deutete Wirkung durch folgende Versuche nachweisen. Wenn man an einem Himbeerstrauche, der zweifarbiges, oberseits haarloses, unterseits weißfilziges Laub besitzt, zwei in ihrer Größe ganz übereinstimmende, nebeneinander am Stengel entspringende Blätter als Hüllen von Thermometern benutzt, und zwar so, daß das Blatt, welches die Kugel des einen Thermometers deckt, die weißfilzige, das andere die grüne, haarlose Seite der Sonne zuwendet, und wenn man beide in die gleiche Lage zur Sonne einstellt, so erhöht sich die Temperatur an dem mit der grünen, kahlen Seite der Sonne zugekehrten Blatt innerhalb 5 Minuten um 2—5° über jene an dem Blatte, welches die weißfilzige Seite der Sonne zuwendet. Werden solche Blätter abgepflückt und einige derselben mit der weißfilzigen, andere mit der kahlen, grünen Seite nach oben gewendet der Besonnung ausgesetzt, so schrumpfen und vertrocknen die letzteren immer viel früher als die ersteren. Nicht weniger einflußreich ist auf die Verdunstung die bewegte Luft. Man pflegt feuchte Gegenstände, die rasch austrocknen sollen, dem Wind auszusetzen, und umgekehrt sucht man Dinge, welche feucht erhalten bleiben sollen, durch eine Decke vor dem austrocknenden Winde zu schützen. Nach alledem kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß ein trockenes Haarkleid über einem den Sonnenstrahlen und dem Wind ausgesetzten saftreichen Pflanzengewebe die Verdunstung dieses Gewebes erheblich beschränkt.

Eine Abteilung der behaarten Pflanzenformen trägt Blätter, welche nur an der unteren Seite mit haarigen Überzügen versehen sind. In diesen Fällen könnte es scheinen, daß der Überzug das Vordringen von Masse zu den Spaltöffnungen zu verhindern hätte, aber als Schutzmittel gegen die Gefahren einer übermäßigen Transpiration bedeutungslos sei, weil ja an einem mehr oder weniger horizontal ausgebreiteten Blatte die untere Seite weniger als die obere den Sonnenstrahlen und den Winden ausgesetzt ist. Die Beobachtungen in der freien Natur lehren aber das Gegenteil. Es gehören in diese Abteilung vorwaltend Stauden, Sträucher und Bäume mit schlanken, elastisch-biegsamen Zweigen und niedere Gewächse, deren Blattspreiten von aufrechten, biegungsfesten Stielen getragen werden. Ähnlich wie bei den früher besprochenen Blättern, die an der unteren Seite mit einem Wachstüberzuge versehen sind (vgl. S. 227), sieht auch bei den in Rede stehenden die untere Seite der Blattspreite nur bei ruhiger Luft der Erde zu; sobald die Luft in Bewegung versetzt wird, findet sofort eine Biegung und Krümmung der Zweige und Blattstiele und eine Wendung der Blattspreiten statt, durch welche die untere behaarte Seite nach oben gekehrt wird. Der austrocknende Luftstrom gleitet dann über jene Blattseite, welche gegen



den zu weitgehenden Wasserverlust durch das Haarkleid geschützt ist. In vielen Fällen ist dieser Vorgang mit einem auffallenden Farbenspiele verbunden. Die Kronen der Silberpappel (*Populus alba*), das Buschwerk der Salweide, des Mehlbeerstrauches und der Himbeere (*Salix Caprea*, *Sorbus Aria* und *Rubus Idaeus*) zeigen bei schweigenden Winden einen düstergrünen Farbenton, weil die bei ruhiger Luft vorzüglich in die Augen fallende obere Seite der Blätter dunkelgrün gefärbt ist; plötzlich fährt ein Windstoß in das Laubwerk, die unteren weiß behaarten Blattseiten werden sichtbar, und wie mit einem Schlag erscheinen in den Kronen der genannten Bäume und Sträucher tausende weißer Flecke und Sprengel, die aber ebenso rasch wieder verschwinden, wenn der Anprall des Windes vorüber ist.

In seltenen Fällen werden die oberseits kahlen und unterseits behaarten Blätter nicht durch Wendung, sondern durch Einrollung ihrer Spreite gegen die Gefahren einer übermäßigen Verdunstung geschützt. Als Beispiel hierfür mag das weitverbreitete Habichtskraut *Hieracium Pilosella* dienen, dessen grundständige, dem Boden aufliegende, eine Rosette bildende Blätter oberseits grün, unterseits durch einen Sternhaarfilz weiß erscheinen. An Orten, wo das Erdreich leicht austrocknet, und zu Zeiten, wo atmosphärische Niederschläge längere Zeit ausbleiben, sieht man regelmäßig, wie sich zunächst die Blattränder aufbiegen, dann aber allmählich das ganze Blatt in der Weise sich krümmt und rollt, daß die untere weiße Seite den einfallenden Sonnenstrahlen zugewendet wird, und daß sich so der weiße Filz zu einem schützenden Schirme für das ganze Blatt gestaltet. Auch die oben beschriebenen Rollblätter bieten, während sie zuzeiten die Transpiration fördern können, einen Transpirationsschutz, indem sie sich bei Trockenheit mehr zusammenrollen und dadurch ihre Oberfläche verkleinern.

Hier ist wohl auch der in den Rigen der Felsen und Mauern im südlichen Europa wachsenden Farne (*Ceterach officinarum*, *Cheilanthes odora* und *Notochlaena Marantae*) zu gedenken, deren Wedel an der oberen Seite kahl, an der unteren Seite dicht mit trockenen haarförmigen Schuppen bekleidet sind. Bei trockenem Wetter erscheinen diese Wedel eingerollt, und dann ist nur die untere pelzige Seite der Sonne und dem Anpralle der trockenen Winde ausgesetzt.

Zahllos sind jene Pflanzenformen, deren Blätter sowohl an der unteren wie an der oberen Seite dicht behaart sind. Bei ihnen ist begreiflicherweise weder eine Wendung noch eine Einrollung der Blattspreite zum Schutze gegen die Gefahren des Austrocknens notwendig; dagegen treten an ihnen mannigfache andere Beziehungen des Haarkleides und der Transpiration zu den klimatischen Verhältnissen der verschiedenen Zonen und Regionen hervor, die hier eine kurze Darstellung finden sollen. Am auffallendsten sind diese Beziehungen in solchen Gebieten, wo die Pflanzen im Verlauf ihrer Vegetationszeit in der Regel nur auf einige Stunden des Tages einer trockeneren Luft ausgesetzt sind, und wo ihre Tätigkeit nicht durch eine lange warme Trockenperiode, sondern durch Frost und Kälte gehemmt wird, wie das vielfach in den Hochgebirgen der Fall ist. Auf den Alpen könnte das Vertrocknen der Samenpflanzen durch den Einfluß der Sonne nur an sehr beschränkten Stellen erfolgen, nämlich nur dort, wo die spärliche Erde auf den handbreiten Gefsimen der steil abstürzenden Klippen und Schroffen sowie der felsigen Grate und Rämme ausschließlich von Regen, Nebel und Tau getränkt wird. Wenn mehrere Tage hintereinander diese atmosphärischen Niederschläge ausbleiben und bei hellem Himmel Tag und Nacht der Föhn über die Höhen streicht, können diese dünnen Erdschichten so sehr austrocknen, daß

sie den in ihnen wurzelnden, kräftig besonnten und dem Anpralle des Windes ausgesetzten Pflanzen nicht mehr das nötige Wasser zu liefern imstande sind, und in solchen Zeiten ist dann auch eine Beschränkung der Transpiration aus den Blättern dringend geboten. Neben den Fettpflanzen und den mit Kalk inkrustierten Steinbrechen findet man an solchen Standorten fast ausnahmslos Gewächse mit allseitig dicht behaarten Blättern und Stengeln. Hier ist der Standort der filzigen Hungerblümchen (*Draba tomentosa* und *stellata*),



Das Edelweiß (*Gnaphalium Leontopodium*).

der graublätterigen Golbrauten (*Senecio incanus* und *Carniolicus*), des herrlichen, seidig glänzenden Fingerkrautes (*Potentilla nitida*), der weißblätterigen bitteren Schafgarbe (*Achillea Clavennae*), hier ist auch vor allem der Standort für die berühmtesten Pflanzen der Alpen, für die aromatische Edelraute und das schmutze Edelweiß, erstere (*Artemisia Mutellina*) ganz und gar in ein grau schimmerndes Seidenkleid, letzteres (*Gnaphalium Leontopodium*) in glanzlosen, weißen Filz gehüllt. Betrachtet man den Durchschnitt durch das Edelweißblatt (s. Abbildung, S. 236, Fig. 1), so gewinnt man die Überzeugung, daß die Hautzellen mit ihrer dünnen Außenwand der Verdunstung und Vertrocknung in der Sonne nicht widerstehen könnten, und daß durch die Auflagerung einer Schicht saftloser, luftgefüllter, verwobener

Haarzellen für den Fall außergewöhnlicher Trockenheit ein wichtiger Schutz gegeben ist. Die Edelraute, Goldraute und die anderen genannten Pflanzen der sonnigen Felsen in den Alpen zeigen dieselben Verhältnisse des Blattbaues, und es findet das soeben vom Edelweiß Gesagte auch auf sie volle Anwendung. Es verdient noch erwähnt zu werden, daß auf den Höhen der Pyrenäen, Abruzzen und Karpathen sowie im Kaukasus und Himalaja die Pflanzen der besonnten, dem Anprall der Winde ausgesetzten Felsklippen genau nach dem Vorbilde von Edelraute und Edelweiß in Seide und Wolle gekleidet sind, und daß im Himalaja ein Edelweiß vorkommt, das dem der europäischen Alpen außerordentlich ähnlich sieht. Im hohen Norden dagegen, dessen Flora doch sonst so manche Übereinstimmung mit der Flora der südlich gelegenen Hochgebirge zeigt, fehlt diese Pflanze. Man späht dort an den Felsklippen überhaupt vergeblich nach Kräutern und Stauden mit oberseits seidigem oder filzigem Laubwerk, und die Arten, welche an deren Stelle im arktischen Gebiete auftauchen und durch ihr massenhaftes Vorkommen einen charakteristischen Zug in der Pflanzendecke bilden, wie z. B. *Diapensia Lapponica*, *Andromeda hypnoides*, *Mertensia maritima*, *Draba alpina* und andere mehr, haben auffallenderweise kahle, grüne Blätter. Wenn dort haarige Überzüge vorkommen, so sind sie auf die unteren Blattseiten, namentlich auf jene der Rollblätter, beschränkt und finden sich durchaus nicht an den Pflanzen felsiger Gehänge, sondern an denen der moorigen, stets feuchten Gründe und an den Ufern der für kurze Zeit vom Eise befreiten Gewässer, wo sie aber gewiß nicht zur Herabsetzung der Transpiration, sondern in der oben bei Besprechung der Rollblätter erörterten Weise wirksam sind. Gewiß darf man diese Tatsachen mit den klimatischen Verhältnissen in Verbindung bringen und besonders den Mangel von Pflanzen mit oberseits seidigen oder filzigen Blättern daraus erklären, daß ein Austrocknen des Bodens und eine Beschränkung der Wasserzufuhr im arktischen Gebiete selbst auf den schmalen Terrassen steiler Felsgehänge niemals vorkommt und daher die Gefahr einer zu weitgehenden Verdunstung für die dort wachsenden Pflanzen auch nicht gegeben ist.

Mit dieser Erklärung steht auch im Einklange, daß auf den Höhen der mittel- und südeuropäischen Hochgebirge mit alpiner Vegetation die Zahl der Formen mit seidigem und filzigem Laub in dem Maße zunimmt, je weiter nach Süden diese Gebirge gelegen und je mehr dieselben zeitweiliger Trockenheit ausgesetzt sind. Dem Riesengebirge sind Pflanzen vom Typus des Edelweißes noch gänzlich fremd; in den nördlichen Alpen ist ihre Zahl verhältnismäßig noch gering, in den Südalpen ist sie auffallend größer, und ungemein reich an solchen Formen sind die Kämme der Sierra Nevada und die Hochgebirge Griechenlands.

Wenn schon auf den Alpenhöhen, wo doch die Trockenheit des Bodens im ungünstigsten Falle nur wenige Tage andauert und sich auch in diesem kurzen Zeitraume nur auf die sonnigen, felsigen Stellen mit dünner Erdrinde beschränkt, die an solchen Stellen wachsenden Pflanzen gegen die Gefahren einer zu raschen und zu ausgiebigen Verdunstung geschützt sind, um wieviel mehr in solchen Gebieten, wo mit zunehmender Sommerwärme die Menge atmosphärischer Niederschläge fortwährend abnimmt, und wo abseits von den Talsfurchen und Niederungen, deren Erdreich von zufließendem Wasser anderer Regionen genetzt wird, der Boden immer tiefer und tiefer austrocknet, so daß alle oberflächlich wurzelnden Pflanzen keinen Tropfen Wasser mehr aus ihm zu gewinnen vermögen. Alle Gewächse, welche auf solchem Lande die Trockenperiode überdauern wollen, müssen für die Dauer derselben die Transpiration gänzlich einstellen, sich förmlich einpuppen und einen Sommerschlaf halten. Sie tun das auch, und zwar in der verschiedensten Weise und mit den verschiedensten Mitteln.

Eins der verbreitetsten und gewöhnlichsten Mittel ist auch hier die Einkleidung der transpirierenden Organe in eine dichte Hülle von trockenen, luftgefüllten Haaren. Kapland, Australien, Mexiko, die Savannen und Prärien der Neuen Welt, die Steppen und Wüsten der Alten Welt bieten hierfür eine Fülle von Beispielen. In den trockenen Hochebenen von Brasilien, Quito und Mexiko sind Strecken von großer Ausdehnung mit gesellig wachsenden wolksmilchartigen Gewächsen, den grau behaarten Croton-Arten, überdeckt, und wenn der Wind über die Hochflächen weht und diese Croton-Stauden hin und her schwenkt, entsteht eine Bewegung auf dem weiten Gelände, daß es aussieht wie ein graues, wogendes Blättermeer. Ein ähnliches Bild bieten die zu den Korbblütlern gehörenden *Painciras* oder Wollstauden (*Lychnophora*) auf den Hochebenen von Minas Geraes in Brasilien. Auch auf den Paramos Venezuelas, den durch Winde ausgetrockneten Hochebenen, findet sich eine ganz charakteristische Vegetation behaarter Pflanzen, besonders der Gattung *Espeletia*.

In uns näher gelegenen Gegenden findet man nirgends die Behaarung des Laubes als Schutzmittel gegen Verdunstung in so ausgiebiger und mannigfaltiger Weise verbreitet wie in dem mittelländischen oder mediterranen Florengebiete, das die Küstenländer des Mittelmeeres umfaßt. Die Bäume haben grauhaariges Laub, das niedere Buschwerk aus Salbei und verschiedenen anderen Sträuchern und Halbsträuchern, für das man die schon von Theophrast gebrauchte Bezeichnung *Phrygana*-Gestrüpp festgehalten hat, sowie die ausdauernden Stauden und Kräuter an sonnigen Hügeln und Berglehnen sind grau und weiß, und dieses Überwiegen von Pflanzen von gedämpfter Farbe hat schließlich sogar auf den Charakter der ganzen Landschaft einen merkbaren Einfluß. Wer nur aus Büchern von der immergrünen Vegetation der spanischen, italienischen und griechischen Flora gehört hat und zum erstenmal jene Gebiete im Sommer betritt, fühlt sich bei dem Anblicke dieser grauen Pflanzenwelt einigermaßen enttäuscht und ist versucht, den Ausdruck „immergrün“ in „immergrau“ zu verändern. Alle erdenklichen Haarbildungen sind da vertreten. Grober Filz, dichter Samt, weiche Wolle wechseln in bunter Mannigfaltigkeit ab; hier ist ein Blatt wie mit Spinnweben überzogen, dort ein anderes wie mit Asche oder Kleie bestreut, hier schimmert eine Blattfläche von anliegenden Härchen oder Schülfern wie ein Stück Atlasstoff, und hier wieder ist eine Pflanze mit langen Flocken besetzt, daß man glauben könnte, es haben vorbeistreifende Schafe einen Teil ihres Wliefes hängen lassen. Es gibt im mittelländischen Florengebiete kaum eine Pflanzenfamilie, aus der nicht reichlich behaarte Arten bekannt wären; ganz vorzüglich aber tragen die Korbblütler, zumal die Gattungen *Andryala*, *Artemisia*, *Evax*, *Filago*, *Inula*, *Santolina*, dann Lippenblütler aus den Gattungen *Phlomis*, *Salvia*, *Tenarium*, *Marrubium*, *Stachys*, *Sideritis* und *Lavandula*, *Zistrosen*, *Winden*, *Skabiosen*, *Wegeriche*, *Schmetterlingsblütler* und *seidelbastartige Gewächse*, also gerade diejenigen Formen, welche die Hauptmasse der Vegetationsdecke in den Küstenlandscapten des Mittelmeeres ausmachen, ein dicht gewobenes Haarleid. Ja, selbst in Familien, deren Arten man sich gewöhnlich kahl denkt, wie z. B. in der Familie der Gräser, trifft man hier ganz zottig aussehende Vertreter.

Nächst der Mittelmeerflora weisen wohl auch die benachbarten ägyptisch-arabischen Wüstengebiete, die Hochsteppen Irans und Kurdistans, das Tiefland Südrusslands und die Pustten Ungarns verhältnismäßig viele Pflanzenarten mit beiderseits dicht behaarten Blättern auf. Daß ihre Zahl hinter jener der Mittelmeerflora zurückbleibt, hat seinen Grund darin, daß in den Wüsten- und Steppenländern die Dürre des Hochsommers noch größer ist, so daß selbst dicke Haarüberzüge nicht immer gegen sie zu schützen vermögen, und zweitens, daß in

einigen der genannten Gebiete die Trockenperiode unvermittelt in einen strengen Winter übergeht, gegen dessen Kälte die Behaarung einen schlechten Schutz gewährt, während in den Küstenlandschaften des Mittelmeeres die Temperatur des Winters kaum unter den Gefrierpunkt herabsinkt, immergrüne und immergraue Blätter dort unbehelligt bleiben und mit Beginn des nächsten Jahres ihre Tätigkeit wieder aufnehmen können.

Sehr lehrreich für die Beziehungen ganzer Florengebiete zur Transpiration der Pflanzen ist auch die regelmäßige Aufeinanderfolge der Entwicklung bestimmter Pflanzenformen. In den Steppen, in den Mittelmeerlandschaften und im Kaplande kommen regelmäßig zuerst die Zwiebelpflanzen und die einjährigen Gewächse an die Reihe, dann folgen die ausdauernden Gräser und die Holzpflanzen, und den Schluß bilden Fettpflanzen und dicht behaarte Immortellen. Die zahlreichen Tulpen, Narzissen, Milchsterne, Aphydile, Krokus, Amaryllis und alle die anderen Zwiebelgewächse, welche sofort nach dem ersten Winter- oder Frühlingsregen hervorzusprießen beginnen, besitzen durchweg kahles Laub. Die Transpiration derselben ist bei der rasch steigenden Lufttemperatur sehr lebhaft, der durchfeuchtete Boden liefert genügenden Ersatz für das verdunstende Wasser und enthält auch die zum raschen Wachstum nötigen Mengen von Nährsalzen in aufgeschlossenem Zustande. Auch die gleichzeitig hervorsprossenden Stauden, die Päonien und Rieswurzararten, sowie das große Heer der einjährigen Gewächse, die in unglaublich kurzer Zeit keimen, blühen und Früchte reifen, besitzen, zumal in den Steppen, fast durchgehends kahles Laub. Gegen den Hochsommer zu, wenn die Dürre beginnt, sind alle diese Pflanzen bereits zur Frucht übergegangen, ihr bisher tätiges Laub beginnt zu vergilben und einzutrocknen, ihre saftreichen Zwiebeln und Knollen erhalten sich unterirdisch in einer wie zu Stein gewordenen Erde eingebettet, und die ausgefallenen Samen der einjährigen Pflanzen vermögen, von den mannigfaltigsten schützenden Hüllen umgeben, die Dürre des Sommers und die Strenge des Winters leicht zu überdauern. Was weiterhin im Hochsommer auf der Steppe oder im mediterranen Florengebiete noch tätig sein soll, würde mit dem kahlen Laubwerke der Frühlingspflanzen übel wegkommen. Soll jetzt eine Pflanze gegen das Austrocknen geschützt sein, so muß ihre Transpiration herabgesetzt werden, was denn auch durch die verschiedensten Schutzmittel, ganz vorzüglich aber durch einen immer dichter werdenden Haarüberzug, geschieht. Die Schmetterlingsblütler und Meldegewächse, vor allen die Strohblumen und Wermutarten (*Helichrysum*, *Xeranthemum*, *Artemisia*), welche im Hochsommer noch blühen und die größte Sonnenhitze ertragen, sind sämtlich dicht behaart, und die Gelände, welche vielleicht noch vor einem Monat in frisches Grün gekleidet waren, sind jetzt in düsteres Grau gehüllt. Dem Übergange von der feuchten Periode der Winter- und Frühlingsregen zu der Dürre des Hochsommers entspricht ein allmählicher Übergang von dem Grün des kahlen, saftigen Hyazinthenblattes zu dem Grau des filzigen, starren Immortellenblattes.

Eine ganz seltsame Erscheinung bilden im mittelländischen Florengebiet auch mehrere zweijährige und ausdauernde Pflanzen, welche in dem einen Frühling eine dem Boden aufliegende Blattrosette bilden, aus deren Mitte dann im folgenden Frühling ein beblätterter und blütentragender Stengel hervorstößt. Das im ersten Jahre gebildete Laub der Rosette hat den dünnen, heißen Hochsommer zu überdauern und ist dementsprechend mit grauem Haarfilz überzogen; der im zweiten Jahre schon im Frühling gebildete Blütenstengel erhebt sich aber im Verlaufe der feuchten Periode, bedarf des Schutzes der Haare nicht und ist daher mit grünen Blättern besetzt. Der Anblick dieser Gewächse, für welche als Beispiele die *Salvia*

lavandulaefolia und *Scabiosa pulsatilloides* aus Granada, das *Hieracium gymnocephalum* Dalmatiens und das im Mittelmeergebiet weitverbreitete *Helianthemum Tuberaria* erwähnt sein mögen, ist so fremdartig, daß man sich unwillkürlich fragt, ob denn wirklich dieser grün belaubte Stengel zu der grauen Blattrosette gehört, oder ob sich nicht jemand den Scherz gemacht hat, Stengel und Rosette von zwei verschiedenen Pflanzenarten zusammenzukoppeln.

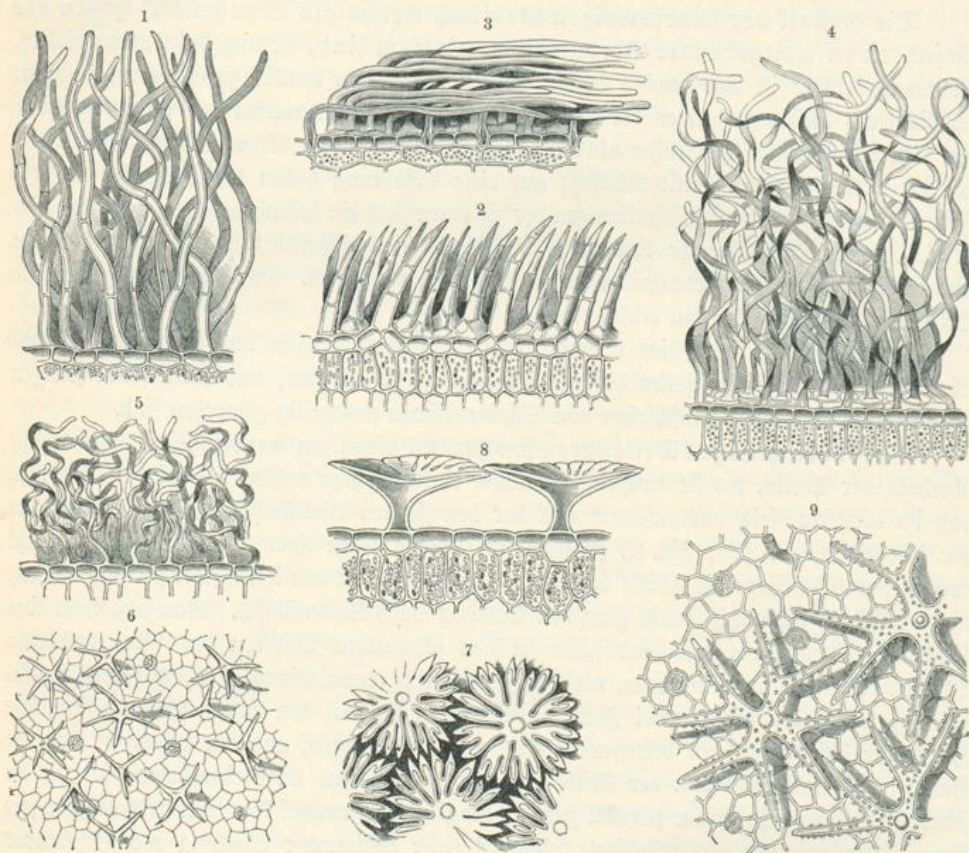
Die Gestalt der haarförmigen Gebilde, welche als Schutzmittel gegen die Gefahren zu weitgehender Verdunstung wirksam sind, ist ungemein mannigfaltig. Nichtsdestoweniger ist eine gewisse Beständigkeit der Gestalten deutlich zu erkennen, insofern nämlich, als dieselben Formen der Haare bei bestimmten Pflanzenarten und Pflanzengattungen stets wiederkehren und daher als beständige Merkmale dieser Arten und Gattungen angesehen werden können. Mit Rücksicht auf diese Erfahrung haben die Botaniker auf die Form der Haare bei den Beschreibungen der Pflanzen stets ein besonderes Gewicht gelegt und in die botanische Kunstsprache eine Reihe von Ausdrücken eingeführt, welche die wichtigsten und auffallendsten Verschiedenheiten kurz und bündig bezeichnen. Es ist hier der geeignetste Ort, diese Ausdrücke kurz zu erläutern.

In erster Linie unterschied man diejenigen Deckhaare, welche nur aus einer einzigen über die anderen Oberhautzellen hinauswachsenden Zelle bestehen, und stellte sie denjenigen gegenüber, welche durch Einschieben von Scheidewänden mehrzellig geworden sind.

Von den einzelligen Deckhaaren sind zunächst diejenigen hervorzuheben, welche dicht oberhalb der Stelle, wo sie entspringen, unter einem nahezu rechten Winkel umbiegen, so daß ihr längerer, spitz auslaufender Teil der betreffenden Blattfläche aufliegt, wie das in der Abbildung, S. 236, Fig. 3, zu sehen ist. Wenn solche Haargebilde in großer Zahl und in paralleler Lage die Fläche bedecken, so wird das Licht von ihnen stark zurückgeworfen, und ein solches Haarleid macht ganz den Eindruck eines Seidenstoffes. Man bezeichnet eine solche Behaarung, die besonders schön an den glänzenden Blättern der südeuropäischen Winden (*Convolvulus Onorum*, *nitidus*, *oleaeifolius*, *tenuissimus* usw.) zu sehen ist, als seidig, kann aber wieder zwei Fälle unterscheiden, nämlich den häufigeren, wo sämtliche Haare der Mittelrippe des betreffenden Blattes parallel liegen, und den selteneren, wo die Haare rechts und links von der Mittelrippe eine verschiedene Lage einnehmen, so daß an jeder Hälfte sämtliche Haare parallel zur Richtung der dort entwickelten Seitenrippen gelagert sind. Dann gelangt das reflektierte Licht bei einer bestimmten Stellung des Beschauers immer nur von einer Blatthälfte in das Auge, während die andere Blatthälfte matt erscheint. Das ganze Blatt zeigt sich in solchem Falle mit jenem eigentümlichen, bei der geringsten Bewegung wechselnden Schimmer, den wir an den Flügeln gewisser Schmetterlinge bewundern, und den auch die unter dem Namen Atlas bekannten Seidenstoffe zeigen. Wenn die einzelligen Deckhaare der von ihnen bekleideten Fläche nicht anliegen, sondern sich erheben, so fehlt der Glanz oder ist doch nur schwach vorhanden.

Sind die Haare kurz, gerade, zahlreich, dicht zusammengedrängt und über der Ursprungsstelle nicht gebogen, so nennen wir das samtartig; sind sie dagegen verlängert und lockerer gestellt, so wird der Ausdruck zottig gebraucht. Haare, die aus einzelnen luftgefüllten, weichen, dünnwandigen, verlängerten, vielfach gedrehten und gekrümmten Zellen bestehen, nennt man Wollhaare und den aus ihnen gebildeten Überzug wollig. Die Wollhaare sind immer in deutlichen, wenn auch lockeren Schraubenlinien gedreht, manchmal fast korkzieherförmig gewunden. Die Drehung ist in der Regel entgegengesetzt der Drehung eines

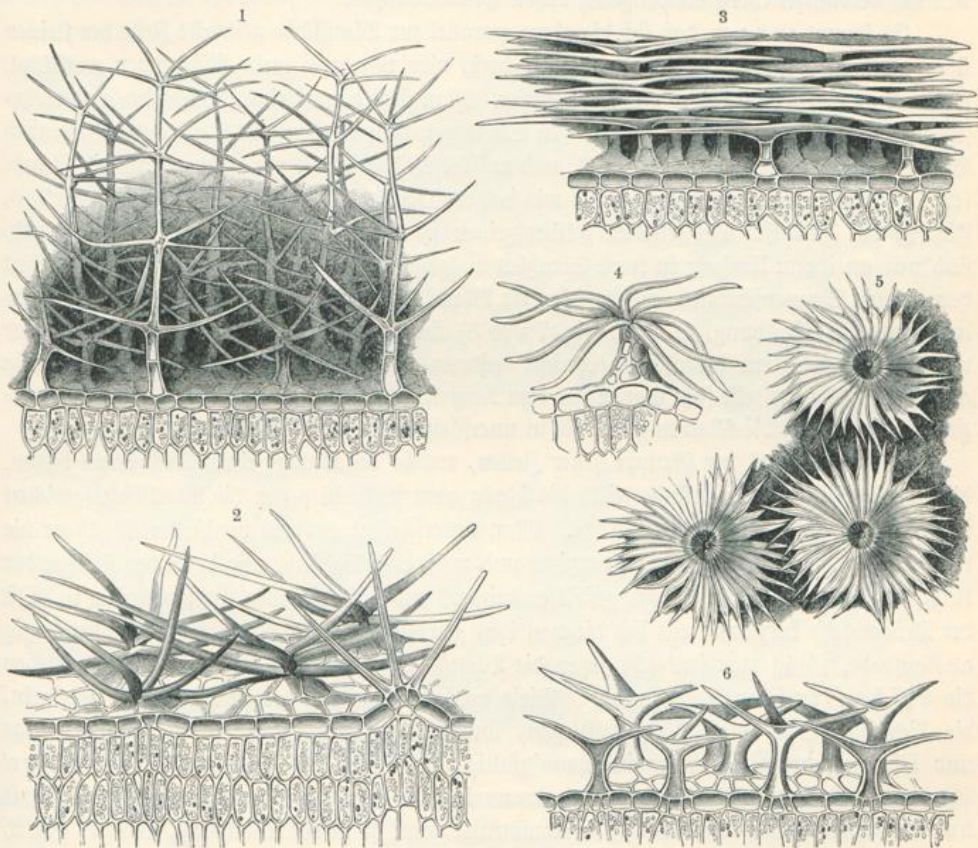
Uhrzeigers, was man als „links gedreht“ bezeichnet. Auch ist zu unterscheiden, ob die langgestreckten und gedrehten Zellen der Wollhaare im Durchschnitte kreisrund sind, wie an der südeuropäischen *Centaurea Ragusina* (s. untenstehende Abbildung, Fig. 5), oder ob sie bandförmig zusammengedrückt erscheinen, wie solche durch die untenstehende Abbildung, Fig. 4, an *Gnaphalium tomentosum* dargestellt werden. Der letztere Fall ist weitaus häufiger.



Deckhaare: 1 gegliederte Wollhaare von *Gnaphalium Leontopodium*; 2 gegliederte Samthaare von *Gloxinia speciosa*; 3 Seidenhaare von *Convolvulus Cneorum*; 4 bandförmig zusammengedrückte Wollhaare von *Gnaphalium tomentosum*; 5 schraubig gewundene Wollhaare von *Centaurea Ragusina*; 6 Sternhaare von *Alyssum Wierzbickii*; 7 sternförmige Haare der *Koniga spinosa*, Flächenansicht; 8 dieselben Haare im Durchschnitte; 9 Sternhaare der *Draba Thomasii*. Ungefähr 50fach vergrößert. (Zu S. 235—238.)

Die mehrzelligen Deckhaare entstehen dadurch, daß sich die betreffenden Hautzellen durch Scheidewände wiederholt teilen. Die Scheidewände sind entweder sämtlich zur Oberfläche des Blattes oder Stengels parallel, oder ein Teil von ihnen steht senkrecht zur Ebene des Blattes. Im ersten Falle gruppieren sich die Zellen gewöhnlich gleich den Gliedern einer Kette, und diese Haare werden auch Gliederhaare oder gegliederte Haare genannt. Sind solche gegliederte Haare kurz und nicht miteinander verwoben, wie das z. B. an den Blättern der *Gloxinien* der Fall ist (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2), so machen die mit ihnen bekleideten Flächen den Eindruck von Samt; sind sie verlängert, verbogen, gedreht und verschlungen, so erscheint das betreffende Blatt wie mit Wolle überzogen (s. obenstehende Abbildung, Fig. 1),

und es wiederholen sich demnach für das freie Auge die schon bei den einzelligen Deckhaaren erwähnten Bekleidungsformen. Auch seidige Überzüge werden durch mehrzellige Deckhaare gebildet, und zwar durch die sonderbare Form, welche unten in Fig. 3 dargestellt ist. Diese Haare entwickeln sich in folgender Weise. Eine Oberhautzelle teilt sich zunächst durch eine zur Blattfläche parallele Scheidewand in zwei Tochterzellen; die Teilung wiederholt sich, und so entsteht eine kleine Kette aus drei, vier, fünf kurzen Zellen, die sich wenig über die



Deckhaare: 1 fiedrige Haare des *Verbascum thapsiforme*; 2 hüpfelförmige Haare der *Potentilla cinerea*; 3 tau förmige Haare der *Artemisia Mutellina*; 4 aftinienartige Haare der *Correa speciosa*; 5 Schüsselform der *Elaeagnus angustifolia*; 6 Sternhaare der *Aubrietia deltoidea*. Ungefähr 50fach vergrößert. (Su S. 237—239.)

Blattfläche erhebt. Die oberste dieser Zellen teilt sich nicht weiter, sondern erfährt eine auffallende Vergrößerung, streckt sich aber sonderbarerweise nicht in die Höhe, sondern parallel zur Blattfläche und wird zu einem lanzettlichen, stäbchenförmigen, die Blattfläche beschattenden Gebilde, das von den Schwesterzellen wie von einem Piedestal getragen wird (s. obenstehende Abbildung, Fig. 3). Tausende solcher seltsamen, am besten mit einer Magnetnadel zu vergleichenden Haargebilde bekleiden, dicht zusammengedrängt, die Oberfläche des Blattes und haben, wenn sie sehr regelmäßig geordnet sind und das Licht gleichmäßig zurückwerfen, deutlichen Seidenglanz. Sind sie verbogen, so wird auch der Glanz mehr oder weniger abgedämpft. Diese Form der Deckhaare ist ungemein verbreitet. Zahlreiche Tragant-Arten,

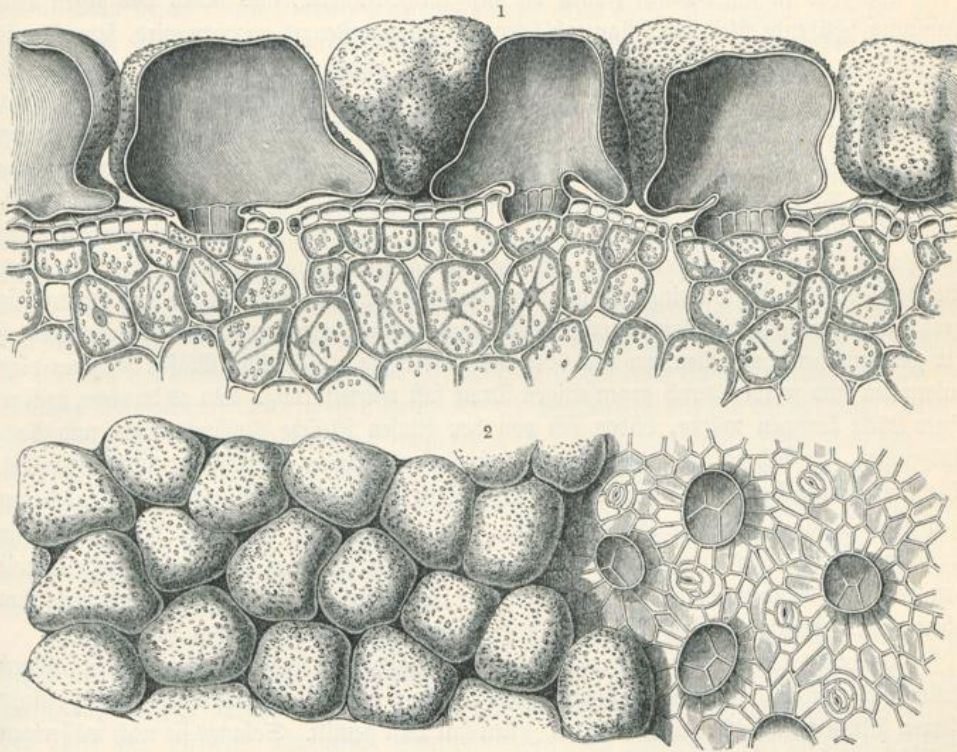


die der mittelländischen Flora angehörigen Skabiosen (*Scabiosa cretica*, *hymettia*, *graminifolia*), mehrere in den südrussischen Steppen heimische Schotengewächse (*Syrenia*, *Erysimum*), die prachtvolle australische Aster *argophyllus* und insbesondere die zahlreichen Vermutarten: die südeuropäischen *Artemisia arborescens* und *argentea*, die den Steppen und der sibirischen Flora angehörenden *A. sericea* und *laciniata*, der gewöhnliche Vermut, *A. Absynthium*, und die wiederholt erwähnte, auf den Klippen der Hochgebirge heimische Edeltraute *A. Mutellina*, verdanken ihren Seidenglanz diesen Haarbildungen.

Es kommt auch vor, daß sich die obere, parallel zur Blattfläche gestreckte Zelle der kleinen über die Haut erhobenen Zellgruppe nach drei, vier und noch mehr Richtungen ausstülpt, wodurch sie ein sternförmiges Aussehen erhält. Man sieht dann kleine, drei-, vier- und mehrstrahlige Sternchen, die von einem kurzen Stiele getragen werden, als Decke des betreffenden Blattes (s. Abbildung, S. 236, Fig. 6, und auf S. 237, Fig. 6). Manchmal sind die Strahlen der sternförmigen Zellen gegabelt, wie das an *Draba Thomasii* (s. Abbildung, S. 236, Fig. 9) der Fall ist. In seltenen Fällen zeigen sie ein verhältnismäßig großes Mittelfeld, sind nur an ihrem Umfang in kurze Strahlen ausgezogen und haben dann ganz das Ansehen von kleinen Sonnenschirmen, welche über die Blattfläche ausgespannt sind. Die letztere zierliche Form (s. Abbildung, S. 236, Fig. 7 und 8) findet man besonders schön an der in der mittelländischen Flora heimischen *Koniga spinosa*. Alle diese Deckhaare mit sternförmig ausgezackter Scheitelzelle faßt man unter dem Namen Sternhaare zusammen. Die Schotengewächse und auch die Malven zeigen sie in unerlöschlicher Mannigfaltigkeit.

Wenn sich aus der Gruppe jener Zellen, welche die Anlage eines Deckhaares bilden, die oberste durch Scheidewände teilt, die schräg oder senkrecht gegen die Blattfläche gerichtet sind, so entstehen verästelte Haare. Man unterscheidet an dem verästelten Deckhaar die Äste, die fast immer sternförmig gruppiert und meist einzellig sind, und dann den Träger der Äste, der sich zumeist wie ein Fußgestell ausnimmt und bald einzellig, bald vielzellig ist. Ist der Träger sehr kurz und teilt sich die von ihm getragene Zelle durch mehrere strahlenförmig auslaufende, schräg oder senkrecht gegen die Blattfläche gerichtete Scheidewände, so entstehen die büschelförmigen Deckhaare. Diese machen manchmal den Eindruck von Seeigeln, die dicht gedrängt einer Fläche aufliegen, sind in der Größe sowie in der Zahl, Länge und Richtung der Äste ungemein mannigfaltig und finden sich besonders an den Fingerkräutern (z. B. *Potentilla cinerea* und *arenaria*), an Zistrosen und Sonnenröschen (*Cistus* und *Helianthemum*). Eine häufig vorkommende Form ist in der Abbildung, S. 237, Fig. 2, dargestellt. Wenn das Fußgestell sehr kurz ist, und wenn die von ihm getragenen, strahlenförmig auslaufenden Astzellen miteinander verwachsen sind, so entsteht eine sternförmige, gestreifte, vielzellige, am Rand ausgezackte Schuppe (s. Abbildung, S. 237, Fig. 5). Diese Schuppen sind meistens eben, liegen der Oberfläche des bekleideten Blattes oder Stengels platt auf, schieben sich mit ihren ausgezackten Rändern übereinander, verdecken die grüne Blattfläche so vollständig, daß dieselbe nicht mehr grün, sondern weiß erscheint, und verleihen dem bekleideten Blatt auch einen lebhaften, fast metallischen Glanz. Man nennt solche Blätter schülferig (*lepidotus*). Als Beispiele für Pflanzen mit silberglänzenden Schülfern auf den Blättern mögen die Arten der Gattung Oleaster (*Elaeagnus*) und Sanddorn (*Hippophaë*) genannt sein. Sind die Schuppen verbogen, unregelmäßig gefranst und glanzlos, so sieht das von ihnen bekleidete Blatt gerade so aus, als hätte man Kleie darauf gestreut, und es werden solche Blätter auch kleiig (*furfuraceus*) genannt. Beispiele hierfür bieten insbesondere

die Überzüge der Blätter an vielen ananasartigen Gewächsen (Bromeliaceen). Ist die von einem ziemlich hohen Untersatz getragene Gipfelzelle des Haares in zahlreiche strahlenförmig auseinander fahrende Tochterzellen geteilt, so entsteht ein Gebilde, welches einer Knute oder, wenn die strahlenförmigen Zellen kurz sind, einer Seeanemone (Aktinie) einigermaßen ähnlich sieht. Diese Form der Haare findet man beispielsweise an den süd- und osteuropäischen Felsenblumen (*Phlomis*) und mit mehrzelligem Untersatz an den Blättern des neuholländischen Strauches *Correa speciosa* (s. Abbildung, S. 237, Fig. 4). Mitunter baut ein verästelttes



Riefepanzer der *Roehia falcata*: 1 Durchschnitt senkrecht auf die Blattfläche, 2 Flächenansicht; rechts ist der klaffenförmig aufgetriebene Teil einiger Oberhautzellen entfernt, und dadurch sind die kleinen Oberhautzellen und die Spaltöffnungen ersichtlich gemacht. 350fach vergrößert.

Haar mehrere Stockwerke übereinander auf, und es entstehen dadurch Haargebilde, welche unter dem Mikroskop wie Tannenbäumchen aussehen. Wenn zahlreiche solche bäumchenförmige Haare dicht nebeneinander stehen und mit ihren Ästen ineinander greifen, so macht ein solcher Haarüberzug unter dem Vergrößerungsglase den Eindruck eines kleinen Waldes, und dieses Bild wird um so augenfälliger, wenn sich unter den höheren mehrstöckigen, bäumchenförmigen Haaren auch einstöckige wie Unterholz im Hochwald einfänden. Dies ist der Fall an der Königsferze, *Verbascum thapsiforme*, deren Behaarung die Abbildung auf S. 237, Fig. 1, darstellt. Dem unbewaffneten Auge erscheinen solche Haargebilde als Flocken und werden auch als flockige Haare bezeichnet. Manche von ihnen, z. B. die Haarflocken einer Königsferzenart (*V. pulverulentum*), rollen sich zusammen und bilden kleine Knäuel, welche der Blattfläche das Ansehen geben, als wäre sie mit weißem, grobem Pulver bestreut worden

Bei dichtem Stande der Sternhaare und Büschelhaare, der verzweigten flockigen Haare und der unverzweigten Wollhaare ist es unvermeidlich, daß die benachbarten Haarzellen sich kreuzen, verschlingen und mehr oder weniger verweben, und es entsteht auf diese Weise eine verfilzte Masse, von der die Oberfläche des betreffenden Pflanzenteiles überzogen wird. Man nennt solche Haarmassen auch Filz. Oft bildet der Filz nur eine dünne, lockere Schicht, durch die das Grün der Blattfläche durchschimmert; mitunter ist er aber so dick aufgelagert, daß das überzogene Blatt schneeweiß erscheint.

Während in allen diesen Fällen die luftgefüllten Haare, aus denen das gegen Verdunstung schützende Kleid der Pflanzenblätter und Pflanzenstengel gewoben wird, fadenförmig gestreckt, in der Regel sogar stark verlängert sind, zeigen sich dieselben bei einigen dickblättrigen Pflanzen, namentlich an den Arten der im Kaplande heimischen Gattung *Rochea*, als blasenförmig aufgetriebene Gebilde, und da diese Blasen in Reih' und Glied geordnet aneinander schließen, bilden sie zusammengenommen eine Schicht, die sich über die anderen Hautzellen wie ein Panzer ausbreitet. Die gewöhnlichen Hautzellen sind, wie aus Abbildung S. 239, Fig. 1, zu ersehen ist, klein und an der Außenwand nur wenig verdickt. Die den Panzer zusammensetzenden Zellen sind dagegen ganz ungewöhnlich vergrößert; schon ihre stielartige Basis, die wie eingeklebt inmitten gewöhnlicher Hautzellen sitzt, ist verhältnismäßig groß; aber nun gar die blasenförmige Aufreibung zeigt Dimensionen, welche das Ausmaß der gewöhnlichen Hautzellen um das 600fache übertreffen. Sämtliche Blasen schließen dicht zusammen und werden durch gegenseitigen Druck fast würfelförmig. Wo es trotzdem noch zu einer Lücke kommen würde, bilden sich von den Blasen seitliche Ausbuchtungen und Ausstülpungen, die sich so ineinander fügen, daß ein vollkommen geschlossener Panzer entsteht. Die Bezeichnung Panzer ist hier um so mehr gerechtfertigt, als die blasenförmig aufgetriebenen Zellen der *Rochea* hart wie Kieselsteine sind. In ihre Zellhaut ist sehr reichlich Kieselsäure eingelagert, und durch Ausglühen erhält man von ihnen ein ganz ähnliches Kieselgerüst wie von den kieselhaltigen Diatomeen. In trockener Zeit bietet ein solcher Panzer den von ihm überdeckten saftreichen Zellen natürlich einen ausgezeichneten Schutz gegen Verdunstung.

Allerdings kommt hier auch noch ein anderer Umstand in Betracht. Die blasenförmigen Zellen sind auch an vollständig ausgewachsenen Blättern noch von Protoplasten erfüllt; erst an älteren Blättern sind die blasenförmigen Zellen mit Luft gefüllt. Solange sie noch wässerigen Zellsaft enthalten, bilden sie Wasserspeicher, aus denen die darunterliegenden chlorophyllführenden grünen Zellen zur Zeit der größten Dürre, wenn alle anderen Quellen erschöpft sind, Wasser beziehen können. Gerade der Umstand, daß hier die Wasserspeicher an der Peripherie der Pflanze liegen, wo doch der Anregungsmittel zur Verdunstung in die umgebende Luft so viele sind, beweist, wie gut die verkieselten Wände dieser Blasen funktionieren. Man kann dieselben geradezu mit Glasgefäßen vergleichen, deren Mündungen gegen das grüne Gewebe gerichtet sind, deren Wände aber schlechterdings kein Wasser durchlassen.

### Transpirationsschutz durch Gestalt und Lage der verdunstenden Blätter und Zweige.

Es wurde früher die Vergrößerung der grünen Blattflächen als ein Förderungsmittel der Transpiration erklärt, was insbesondere dann, wenn die betreffende Pflanze in feuchter

Luft wächst, von größtem Belang ist. Umgekehrt wird eine Verkleinerung der grünen Blattflächen allgemein eine Beschränkung der Transpiration bedeuten. Dieses Verhältnis findet zunächst seinen Ausdruck darin, daß tatsächlich in allen Florengebieten, in denen die Tätigkeit der Vegetation durch Trockenheit beschränkt wird, das Laub der Pflanzen weniger ausgebreitet ist und besonders eine Verschmälerung erfährt. Es ist auch zu auffallend, um nicht allgemein bekannt zu sein, daß ein und dieselbe Art, wenn sie an einem trockenen, sonnigen Standorte wächst, kleineres, insbesondere schmäleres Laub zeigt als dann, wenn sie an einem feuchten Standort aufgewachsen war. Wenn man, von den Berglandschaften am Rande des ungarischen Tieflandes ausgehend, die Puzten der Niederung besucht, so tritt gerade dieser Gegensatz an den Pflanzen am meisten hervor. Eine Menge von Stauden und Kräutern, *Anchusa officinalis*, *Linum hirsutum*, *Alyssum montanum*, *Thymus Marschallianus* usw., zeigen auf dem dünnen Sande der Ebene viel schmalere Blätter als in den Tälern des Berglandes. Neben der Verschmälerung des Laubes kommt auch die Bildung von grubigen Vertiefungen in der Fläche der Blätter und die dadurch bedingte Runzelung der Blattspalten vor. Strenggenommen, ist das freilich keine Verkleinerung der ganzen Oberfläche des Blattes, wohl aber eine Verkleinerung derjenigen Fläche, welche von der Sonne beschienen und vom Winde bestrichen wird. Gerade darum aber handelt es sich hier. Mit Rücksicht auf die Wasserabgabe kommt nur das Ausmaß jener Flächen in Betracht, auf welche die Ursachen der Verdunstung unmittelbar Einfluß haben, während das Ausmaß der grubigen Vertiefungen, welche den Sonnenstrahlen und der Einwirkung trockener Luftströmungen nicht ausgesetzt sind, abzuziehen ist. Im ganzen genommen, sind übrigens Gewächse mit runzeligem und grubig vertieftem Laube nicht sehr häufig. Am meisten beobachtet man die Runzelung noch an ganz jungen, eben erst aus den Hüllen der Knospen hervorbrechenden Blättern, deren Hautzellen noch nicht genügend kutikularisiert sind. Später, wenn einmal die Ausbildung der Kutikula vorgeritten ist, glätten sich die Runzeln, und das Blatt wird allmählich ebenflächig.

Früher ist freilich darauf hingewiesen, daß grubige Vertiefungen, in denen Spaltöffnungen liegen, ein Schutz gegen eindringende Regentropfen seien. Es liegt durchaus kein Widerspruch darin, daß dasselbe Gebilde einmal das Eindringen von Wasser und die Benetzung der in der Tiefe der Gruben geborgenen Spaltöffnungen, ein andermal den Anprall trockener Winde und eine zu weit gehende Verdunstung hindert. Jedes zu seiner Zeit. Wenn das Laub der australischen Proteaceen während des Sommerschlafes monatelang den sengenden Sonnenstrahlen und der warmen, trockenen Luft ausgesetzt ist und jeder Zufluß von Wasser aus dem Boden aufgehört hat, muß die Verdunstung der Blätter möglichst beschränkt werden, und dann werden die grubenförmigen Vertiefungen in diesem Sinn ihre Schuldigkeit tun. Wenn aber später die Gewächse aus dem langen Schlafe der Dürre erwachen und in der äußerst kurz bemessenen Zeit, in der sie sich mit neuer Nahrung versorgen, wachsen, blühen und Früchte reifen sollen, Regenguß auf Regenguß vom trüben Himmel nieder rauscht und alle Blätter von Nässe triefen, ist es wieder von Wichtigkeit, daß trotz dieser für die Verdunstung sehr ungünstigen Verhältnisse dennoch eine ausgiebige Transpiration stattfindet, in der die Funktion der Spaltöffnungen in keiner Weise durch die Nässe behindert wird. Jetzt aber werden dieselben grubenförmigen Vertiefungen, welche in der Trockenperiode gegen Verdunstung schützten, die Spaltöffnungen vor Nässe zu bewahren haben.

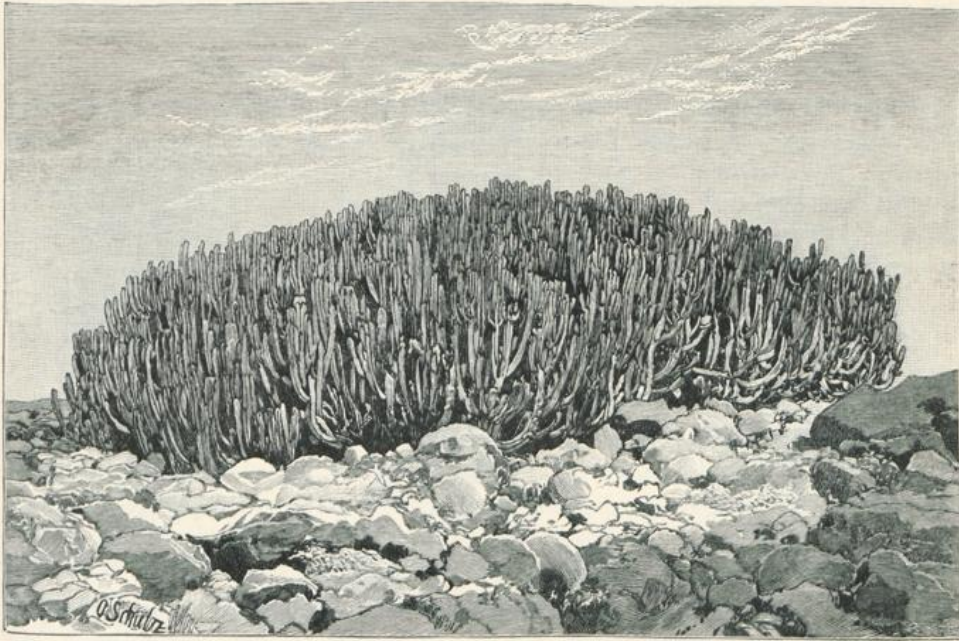
Bei vielen Pflanzen erfährt die Verdunstung der oberflächlichen Gewebe eine Einschränkung

dadurch, daß die Blätter wie die Schuppen auf dem Rücken eines Fisches den Sprossen fest angepreßt sind. Die obere, dem Stengel anliegende, manchmal auch angewachsene Seite eines jeden Blattes ist infolgedessen der Verdunstung entzogen, und die Transpiration kann nur von der etwas gewölbten oder auch gefielten Rückseite der schuppenartigen grünen Blättchen stattfinden. So findet man es beispielsweise bei den Lebensbäumen, bei mehreren Wacholderarten, *Thuja*, *Libocedrus* und verschiedenen anderen Koniferen. Interessant ist es, daß bei mehreren dieser Nadelhölzer die schuppenförmigen grünen Blättchen sich nur dann dem Stengel andrücken, wenn sie den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind, während sie abstehen, wenn die betreffenden Zweige beschattet sind.

Eine weitere Verkleinerung der verdunstenden Oberfläche wird durch die Ausbildung des Dickblattes erreicht. Um die hier in Betracht kommenden Verhältnisse möglichst anschaulich zu machen, ist es vielleicht am Platze, folgende Bemerkungen einzuschalten. Wenn man eine Bleiplatte von der Dicke eines Millimeters und der Breite und Länge von beiläufig 8 cm in einen soliden Zylinder umwandelt, so beträgt der Durchmesser dieses Zylinders nur 1 cm, und die ganze Oberfläche des Zylinders ist fünfmal kleiner, als die Oberfläche der Platte war. Wendet man nun diese Zahlen auf den Gewebekörper eines Pflanzenblattes an, so ist damit ein Anhaltspunkt gegeben, um sich vorzustellen, wievielfach kleiner die transpirierende Fläche eines dicken, zylindrischen im Vergleich zu jener eines dünnen, plattenförmigen Blattes ist. Solche Dickblätter, welche sich der Zylinderform mehr oder weniger nähern, findet man auch regelmäßig dort, wo die Transpiration für längere Zeit sehr herabgesetzt werden muß, also beispielsweise in den mittel- und südeuropäischen Gebirgsgegenden, an den auf leicht austrocknendem sandigen Boden, an Steinwänden und Mauern vorkommenden Arten der Gattung *Sedum* (*Sedum album*, *reflexum*, *dasyphyllum*, *atratum* usw.), in auffallender Weise auch an vielen auf Felsen oder als Epiphyten auf der Borke der Bäume wachsenden tropischen Orchideen Ostindiens, Mexikos und Brasiliens, welche länger als ein halbes Jahr großer Trockenheit ausgesetzt sind (*Brasavola cordata* und *tuberculata*, *Dendrobium junceum*, *Leptotes bicolor*, *Oncidium Cavendishianum* und *longifolium*, *Sarcanthus rostratus*, *Vanda teres* und viele andere), besonders aber an den Aloen und Stapelien, den Arten von *Cotyledon*, *Crassula* und *Mesembryanthemum*, die an den dürrsten Stellen im Kapland ihre Heimat haben. Auch mehrere an den felsigen Klippen am Meeresstrand im Sonnenbrande wachsende Dolbenpflanzen, Korbblütler und Portulakazeen (*Inula crithmoides*, *Crithmum maritimum*, *Talinum fruticosum*) und viele Salsolazeen der Wüsten und Salzsteppen, sowie endlich auch einige Proteazeen der zwei Drittel des Jahres hindurch der Trockenheit ausgesetzten Landstriche Australiens (z. B. *Hakea rostrata*) sind durch die Ausbildung von Dickblättern ausgezeichnet.

Was bei den dickblättrigen Pflanzen durch die Gestalt der Blätter erzielt wird, erreichen die Kakteen und viele Euphorbiaceen dadurch, daß ihr Stengel kein Laub entwickelt, sondern selbst dick und fleischig wird und die Funktionen des Laubes übernimmt. Das grüne Gewebe ist hier der Rinde des Stammes angehörig, die darüber ausgebreitete Haut ist wie die Haut der Laubblätter mit Spaltöffnungen versehen, und die grüne Rinde transpiriert und funktioniert überhaupt ganz so, wie es sonst die grünen Laubblätter tun. Wenn solche fleischigen Stämme reich verästelt und die Zweige kurz sind, sehen sie mitunter dickblättrigen Pflanzen sehr ähnlich. Manchmal sind auch die einzelnen Glieder des Stengels und der Zweige als fleischige, blattähnliche Scheiben ausgebildet, wie das bei der Gattung Feigenkaktus

(Opuntia) der Fall ist, und solche Stengelglieder werden von den Laien auch gewöhnlich für dicke Blätter gehalten. Gärtner fassen die Dickblätter und die Kakteen und andere unter dem gemeinsamen Namen der Fettpflanzen oder Sukkulenten zusammen. Der erstere Name ist wenig bezeichnend, da diese Pflanzen keineswegs Fett produzieren. Ihre dicken Stämme und Blätter sind Wasserspeicher. Richtiger nennt man sie Saftpflanzen und kann sie dann als Blatt- und Stammsukkulente unterscheiden. Neben den blattlosen, kandelaberartigen, baumförmigen Wolfsmilcharten Afrikas und Ostindiens und den mit dicken Stacheln bewehrten, zu dichten, undurchdringlichen Gestrüppen verbundenen Euphorbien der Kanarischen Inseln (s. untenstehende Abbildung) gehören zu den Stammsukkulente die Opuntien und

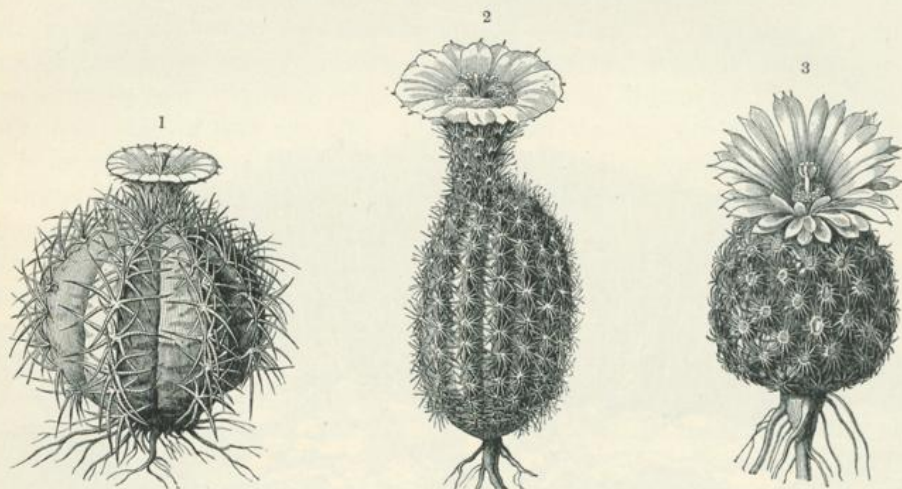


Nopal-Strup aus *Euphorbia Canariensis*. Nordküste von Teneriffe. Nach einer Photographie von D. Simon.

Kakteen, die *Cereus*-, *Echinocactus*-, *Melocactus*- und *Mamillaria*-Arten, welche von Chile und Südbrasilien über Peru, Kolumbien, die Antillen und Guatemala verbreitet, besonders aber auf der Hochebene Mexikos in einer erstaunlichen Mannigfaltigkeit von Formen und riesigen Größen entwickelt sind. Ihre gewöhnlichsten Standorte sind die sandigen und steinigen Ebenen, die wüsten felsigen Plateaus, die Ritzen des zerklüfteten Gesteines, welche der Damm-erde fast völlig entbehren. Immer bewohnen sie Gegenden, welche nahezu drei Viertel des Jahres hindurch regenlos sind und überhaupt zu den trockensten der Erde gehören. Diesen Verhältnissen des Standortes entspricht auch die ganze Organisation dieser Pflanzen. An Stelle der Laubblätter sieht man trockene Schuppen und Haare ausgebildet, und vielfach sind die Laubblätter zu Stacheln umgewandelt, welche, in großer Zahl von den dicken Stengelbildungen abstehend, diese vor den Angriffen der dürstenden, nach dem saftreichen Gewebe im Innern lüfternen Tiere vortrefflich schützen (s. Abbildung, S. 244).

Die Haut der zu säulen-, scheiben- oder kugelartigen Formen auswachsenden Stämme

ist an ihrer Außenwand fast knorpelig verdickt, und durch reichliche Einlagerung von Kutin wird ein förmlicher Panzer um die tiefer liegenden grünen Gewebe gebildet. Die meisten Dickblätter und Kakteenstämme, deren an die Luft grenzende Zellhäute mit Kutikula, mit Kieselsäureeinlagerungen und manchmal auch mit dicken Wachskrusten gepanzert sind, bestehen vorwiegend aus Geweben, welche der Aufbewahrung von Wasser für die der atmosphärischen Niederschläge entbehrende Jahreszeit dienen. Das Wasser in diesen Wasserspeichern reicht immer von der einen bis zur anderen Regenzeit aus, so daß die von dem aufgespeicherten Wasser zehrenden angrenzenden grünen Gewebe während der trockenen Periode keinen Wassermangel leiden. Es ist auch bei allen diesen Pflanzen die Möglichkeit gegeben, daß sofort nach dem Falle der ersten Regen die Speicher mit Wasser gefüllt werden. Die Zellen des wasserspeichernden Gewebes sind verhältnismäßig groß und ihre Wände dünn; das in ihnen



Planta: 1 *Echinocactus horizontalis*; 2 *Cereus dasycanthus*; 3 *Mamillaria pectinata*. Sämtliche Figuren verkleinert. (Zu S. 243.)

tätige Protoplasma bildet einen zarten Wandbeleg und umschließt schleimigen Zellsaft, so daß diese Gewebe das von den Wurzeln aufgenommene Wasser begierig an sich reißen. Bei den Kakteen bilden die Gewebe den ganzen Körper des dicken, säulenförmigen oder kugelförmigen Stammes; bei Dickblättern, so namentlich bei einem Teile der europäischen Arten der Gattung *Sedum* (z. B. *Sedum album*, *dasyphyllum*, *glaucum*), bei den südafrikanischen Arten der Gattungen *Aloë* und *Mesembryanthemum* (z. B. *Mesembryanthemum blandum*, *foliosum*, *sublacerum*), baut das Wassergewebe das Blatt auf. Bei dem unter dem Namen Fetthenne bekannten *Sedum Telephium*, ebenso bei den Arten der Gattung Hauswurz (*Sempervivum*) sowie bei vielen steppenbewohnenden Salsolazeen sind die Verzweigungen der Gefäßbündel von einem Mantel aus grünem Gewebe eingehüllt, und die mit grünen Zellen gleichsam belegten Gefäßbündel sind dem farblosen Wassergewebe so eingelagert, daß sie von dem freien Auge als grüne Stränge in einer wasserhellen, durchscheinenden Masse gesehen werden. Bei den mexikanischen Scheverien ist das Wassergewebe in breiten Streifen dem grünen Gewebe eingeschaltet, und bei den dickblättrigen Orchideen kommt es vor, daß das Wassergewebe zwischen die grünen Zellen gleichsam eingeprengt ist. Zahlreichen anderen Blattfukulenten dient merkwürdigerweise die Haut zur Aufspeicherung des Wassers. Es sind

dann alle oder einzelne Hautzellen außerordentlich vergrößert und erheben sich über die anderen in Gestalt von Schläuchen, Kolben und Blasen. In einigen Fällen bilden sie getrennte Gruppen oder sind auch vereinzelt, erscheinen dem freien Auge als Erhabenheiten auf den grünen Stengeln und Blättern und glitzern und funkeln im Sonnenscheine wie ein Besatz von Tauperlen, z. B. haben Stengel und Blätter des weitverbreiteten Kristallkrautes (*Mesembryanthemum cristallinum*) Ähnlichkeit mit kandierten Früchten, an deren Oberfläche farblose, wasserhelle Zuckerkristalle schimmern.

Wenn die Wände solcher Wasserblasen verkieselt sind, wie jene der S. 240 genannten *Rochea*, so begreift man leicht die Unmöglichkeit, daß der wässerige Zellsaft, den sie enthalten, in die Atmosphäre verdunstet. Die Flüssigkeit ist hier wie in einer Glasflasche geborgen und kann nur in der Richtung gegen das grüne Gewebe zu abgegeben werden. Wie aber dann, wenn die Wände der blasenförmigen Riesenzellen der Haut nicht verkieselt, ja nicht einmal besonders verdickt sind? Beim Anblick des Kristallkrautes sollte man glauben, daß ein einziger trockener, warmer Tag genügen würde, um die mit Wasser gefüllten Blasen zum Schrumpfen und Vertrocknen zu bringen. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Man kann abgeschnittene beblätterte Zweige des Kristallkrautes tagelang auf trockenem Boden und in trockener Luft im Sonnenscheine liegen lassen, ohne daß die großen, blasigen Zellen an der Oberfläche ihren wässerigen Inhalt verlieren; erst nach Wochen sinken sie zusammen und haben ihr Wasser abgegeben, aber nicht an die Atmosphäre, sondern an das von der blasigen Haut überdeckte grüne Gewebe. Ohne Zweifel hängt diese Erscheinung mit einem eigentümlichen Bau der Zellwand zusammen; ebenso gewiß aber ist hier auch der Gehalt des die Blasen erfüllenden Zellstoffes nicht ohne Bedeutung, und es ist vorauszusetzen, daß in der wässerigen Flüssigkeit der blasenförmigen Zellen Stoffe gelöst sind, welche die Verdunstung des Wassers beschränken.

Als solche Stoffe, welche das Wasser mit großer Energie festhalten und dadurch die betreffenden Gewächse befähigen, Perioden der größten Trockenheit anstandslos durchzumachen, beobachtet man teils zähe, gummiartige und harzige Säfte, teils Salze. Es ist bekannt, daß die zähe gummiartige Substanz, welcher die Samen in den Hülsen der *Sophora Japonica* eingelagert sind, und die kleberige, wasserreiche Masse der zerquetschten Mistelbeeren, die man zur Bereitung des „Vogelleimes“ benutzt, monatelang der Luft ausgesetzt sein können, ohne daß sie ganz austrocknen, und ähnlich verhält es sich auch mit den schleimigen Säften in vielen Kakteen und Dickblättern, namentlich den Moen des Kaplandes, welche wenig Wasser an die Atmosphäre abgeben und die mit ihnen versehenen Pflanzen in den Stand setzen, monatelanger Dürre zu trocknen. An den Dickblättern der Salzsteppen und Wüsten sind die Säfte seltener schleimig, sondern enthalten häufig im Wasser gelöste Salze: Kochsalz, Chlormagnesium und dergleichen, und diese Salze halten gleichfalls das Wasser in verhältnismäßig großer Menge sehr hartnäckig zurück. Es gehört zu den überraschendsten Erscheinungen, in den Salzsteppen gerade zur Zeit der größten Dürre des Bodens, im Hochsommer, nachdem monatelang keine Wolke die Strahlen der Sonne abgeschwächt hat und kein Tropfen Regen gefallen ist, wenn fast alle anderen Pflanzen längst vergilbt und verdorrt sind, die dickblättrigen *Salzsolazeen* grün und safttrockend sich über dem Boden ausbreiten zu sehen. Der große Salzgehalt ihrer Säfte gibt ihnen eine Widerstandsfähigkeit, die fast noch größer ist als jene, welche durch den Gehalt an gummiartigen und schleimigen Stoffen veranlaßt wird.

Äußerste Beschränkung des Laubes und Ausbildung von grünem transpirierenden



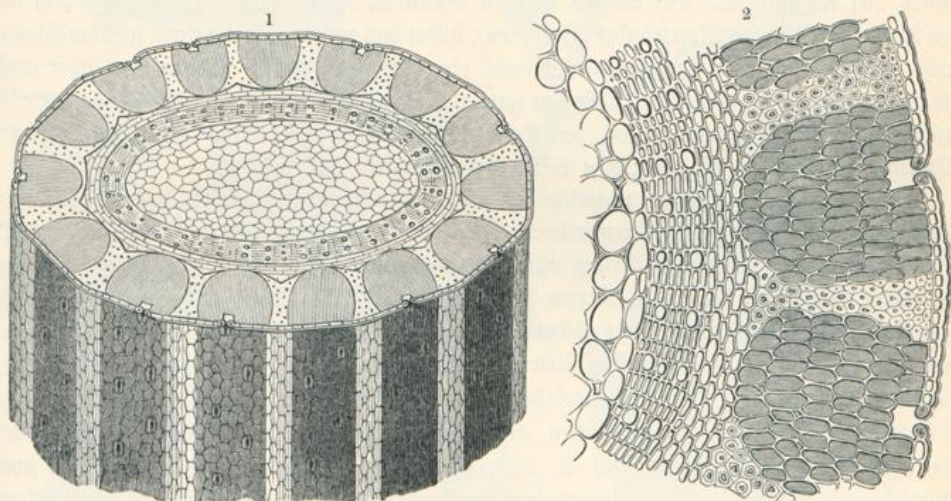
Gewebe in der Rinde der Stengel zeigt außer den Stammsukkulenten auch noch eine Gruppe von Pflanzen, welche unter dem Namen Rutengewächse begriffen werden. Im Gegensatz zu den Sukkulenten, welche durch wenig verzweigte Achsen und massige, verdickte, fleischige, starre, im Wind unbewegte Stengelglieder charakterisiert werden, sind die Rutengewächse durch dünne, schlanke, gertenförmige Stengel und Zweige gekennzeichnet. Sie gliedern sich wieder in solche, welche schlank, hohl und wenig verästelt sind, wie beispielsweise die Schachtelhalme (*Equisetum*), die Simsen (*Scirpus*), die Binsen (*Juncus*), die Knopfgräser (*Schoenus*) und mehrere Cypergräser (*Cyperus*), und in die besenartigen Sträucher mit holzigen, dünnen, in



Rutengewächse: Gestrüppe des Besenginsters (*Spartium junceum*) auf einem Felslande bei Rovigno in Istrien. (Zu S. 247.)

unzählige Zweige und Zweiglein aufgelösten Ästen. Die ersteren sind über die ganze Welt verbreitet, die letzteren dagegen sind vorzüglich in Australien und in den Küstenlandschaften des Mittelmeeres vertreten. In Australien sind es besonders die Kasuarineen und mehrere Gattungen der Schmetterlingsblütler und Santalazeen (*Sphaerolobium*, *Viminaria*, *Leptomeria*, *Exocarpus*), welche in dieser bizarren Form erscheinen, und von denen einige selbst zu Bäumen empornwachsen. In der Mittelmeerflora erscheinen einzelne Arten und Gruppen aus den Familien der Asparageen, Polygaleen und Nefedazeen, ganz vorzüglich aber wieder Schmetterlingsblütler und Santalazeen, deren steife, dünne, gertenförmige, grün berindete Zweige blattlos in die Luft starren. Mehrere der rutenförmigen Schmetterlingsblütler aus den Gattungen *Retama*, *Genista*, *Cytisus* und *Spartium* wachsen gesellig, überziehen oft weite Strecken in dichten, geschlossenen Beständen und tragen so nicht wenig zu der landschaftlichen

Eigentümlichkeit des Gebietes bei. Von dem Besenginster (*Spartium junceum*), der auf S. 246 abgebildet ist, werden an der istrischen Küste mehrere kleine Felseilande, die man dort Scoglien nennt, buchstäblich ganz überwuchert. Im Mai erscheinen an den grünen Gerten des Besenginsters große, goldige, wie Akazien duftende Blüten, und es ist dann auf kurze Zeit das düstere Grün der Rutensträucher in leuchtendes Gelb umgewandelt. Wer gerade zu dieser Zeit entlang der Küste dahinfährt, sieht seltsamerweise goldiggelbe Inseln aus dem dunkelblauen Meere sich erheben. Freilich ist dieser Blütenschmuck ein rasch vorübergehender; später hält dieser Strauch einen ausgesprochenen Sommerschlaf, und man kann sich dann nicht leicht etwas Einförmigeres und Trostloseres denken als ein solches dürres, quellenloses, mit dem Besenginster überzogenes Felseninselchen. Im nördlichen Europa ist der gemeine Besenginster (*Spartium Scarparium*) verbreitet.



Rutensträucher: 1 ein Stück des Besenginsters (*Spartium junceum*), quer durchschnitten, 30fach vergrößert; 2 ein Stück des Längerschnittes, 240fach vergrößert.

Der Besenginster gehört zu den Rutengewächsen, welche nicht vollständig blattlos sind, sondern an den langen Reisern vereinzelte grüne, lanzettliche Blättchen entwickeln. Diese sind aber so untergeordnet, daß ihr grünes Gewebe nur zum kleinsten Teile die für den weiteren Zuwachs der Pflanze notwendige organische Substanz bilden könnte, und diese Aufgabe kommt vorwiegend der Rinde der rutenförmigen Zweige zu, die dementsprechend auch ganz eigentümlich gebaut ist. Unter der Haut, deren Zellen nach außen zu sehr dickwandig und überdies mit Wachs überzogen sind, befindet sich das grüne, transpirierende Gewebe oder Chlorenchym, welches aus 5—7 Reihen von Zellen besteht. Dieses grüne Gewebe bildet keinen zusammenhängenden Mantel rings um den ganzen Stengel, sondern wird durch strahlenförmige, aus Hartbast gebildete Leisten (s. obenstehende Abbildung) in 10—15 dicke Streifen geteilt. Unter der aus grünem Gewebe und den eingeschalteten Bastleisten gebildeten Rinde folgen dann Weichbast, Kambium, Holz und ein mächtiges Mark, welche Gewebe hier nicht weiter interessieren. Beachtenswert aber ist, daß in den grünen Streifen der Rinde des Besenginsters die mit Chlorophyll erfüllten grünen Zellen eng aneinander schließen, und daß sich nur sehr schmale Luftgänge zwischen ihnen verzweigen, daß es also hier nicht zur Bildung

eines von weiten Kanälen und Gängen durchsetzten Schwammparenchyms gekommen ist. Dagegen finden sich dort, wo das grüne Gewebe an die Haut angrenzt, verhältnismäßig große Höhlen. Über jeder Höhle liegt in der Haut eine Spaltöffnung, durch welche der von den grünen Zellen zunächst in diese Höhlen abgegebene Wasserdampf entweichen kann (s. Abbildung, S. 247, Fig. 2). Die Spaltöffnungen sind verhältnismäßig klein, aber sehr zahlreich. Da die Schließzellen der Spaltöffnungen nach außen nicht so stark verdickt sind wie die anderen Hautzellen, so erscheinen die Spaltöffnungen etwas eingesenkt. Dadurch und auch infolge des Wachstüberzuges der Hautzellen sind sie gegen Benetzung geschützt. Bei den Kasuarineen und dem strahligen Geißflee (s. Abbildung, S. 214) ist das grüne Gewebe in der Rinde der Zweige ganz ähnlich wie bei dem eben geschilderten Besenginster verteilt, nur sind dort die am Stengel hinauflaufenden Streifen aus grünem Gewebe, entsprechend der Furchung der Rinde, tief eingebuchtet. Bei einigen anderen blattlosen Rutensträuchern, so namentlich bei den Arten der Gattung Meerträubel (*Ephedra*), bildet das grüne Gewebe einen gleichmäßigen, nicht durch Bastleisten unterbrochenen Mantel rings um die Zweige. Dann sind aber auch die Spaltöffnungen gleichmäßig über den ganzen Umfang der rutenförmigen Zweige verteilt, während sie bei dem Besenginster, den Kasuarineen und dem strahligen Geißflee an jenen Stellen, wo die Haut sich über eine Leiste aus Hartbast zieht, fehlen.

Von den Rutengewächsen unterscheiden sich die Flachsproßgewächse dadurch, daß ihre Triebe nicht alle stielrund, sondern teilweise flächenförmig verbreitert und wie plattgedrückt sind. Wenn sich diese Verbreiterung auf die sogenannten Kurztriebe beschränkt, d. h. wenn an einem Stocke nur die letzten, kurzen Verzweigungen flächenförmig ausgebreitet sind, die Hauptachsen aber wie gewöhnliche Stengel stielrund bleiben, so machen solche Gebilde ganz den Eindruck von Blättern, die an stielrunden Stengeln sitzen. Die Deutung als Sprosse, welche sie von seiten der Botaniker erfahren, will dem Laien im ersten Anblicke nicht recht einleuchten. Warum sollen diese flachen, grünen Gebilde nicht Blätter, sondern Zweige sein? Betrachtet man die Abbildung auf S. 249, welche zwei Flachsproßgewächse, nämlich zwei Mäusebarnarten (*Ruscus Hypoglossum* und *aculeatus*), jede im ersten Entwicklungsstadium und zugleich im ausgewachsenen Zustande nebeneinander zeigt, so wird die Sache sofort verständlich. Man sieht an den jungen, eben erst aus dem Boden hervorgekommenen Sprossen (s. Abbildung, S. 249, Fig. 1 und 3) die wirklichen Blätter in Gestalt von bleichen, kleinen Schuppen an den rundlichen, fein gestreiften Langtrieben sitzen. Aus den Winkeln, welche diese Schuppen mit den Langtrieben bilden, entspringen dunklere, viel derbere Organe, die sich rasch vergrößern, während die sie stützenden häutigen Schuppen vertrocknen, zusammenschrumpfen und schließlich spurlos verschwinden. Da man nun die aus der Achsel von Blättern (gleichgültig, ob diese kleine, häutige Schuppen oder große, grüne Flächen sind) entspringenden Glieder nicht als Blätter, sondern als Sprosse betrachtet und bezeichnet, so werden auch diese flachen, blattähnlichen Gebilde des Mäusebarnes als Sprosse aufgefaßt und Flachsprosse oder auch mit Rücksicht auf ihre Ähnlichkeit mit Blättern Blattäste (*Phyllokladien*) genannt. Bekräftigt wird diese Auffassung wesentlich dadurch, daß sich die blattähnlichen Gebilde in der weiteren Entwicklung und Sproßfolge ganz wie gewöhnliche stielrunde Triebe oder Äste verhalten. Es entspringen nämlich aus ihnen schuppenförmige Blättchen, und aus den Achseln dieser Schuppen gehen gestielte Blüten hervor (s. nebenstehende Abbildung), die schließlich zu Früchten werden.

Gewächse, welche solche Flachsprosse entwickeln, sind im ganzen nicht sehr häufig. Die

oben als Beispiele gewählten Mäusedornarten gehören dem südlichen Europa an und wachsen dort massenhaft in lichten, trockenen Wäldern, wo im Hochsommer alles in tiefem Schläfe ruht. Auf den Antillen und auf den Grasfluren Ostindiens finden sich einige zwanzig strauchförmige Arten der zur Familie der wolfsmilchartigen Gewächse gehörenden Gattung Phyl-



Flachspießgewächse: 1 junger Trieb von *Ruscus hypoglossum*, 2 derselbe Trieb ausgewachsen, mit Blüten auf den Flachspießen; 3 junger Trieb von *Ruscus aculeatus*, 4 derselbe Trieb mit Blüten auf den Flachspießen. (Zu S. 248.)

lanthus, und auch Neuseeland beherbergt eins dieser sonderbaren Flachspießgewächse in der zu den Schmetterlingsblütlern gehörigen Gattung *Carmichaelia*. Bei den Arten dieser beiden Gattungen (s. Abbildung, S. 250) sind die Flachspieße lanzettlichen Laubblättern ungemein ähnlich, und die eigentlichen Blätter sind in kleine, bleiche Schüppchen umgebildet. Diese Schüppchen stehen an der Kante der Flachspieße, und ebenda entspringen auch aus den Achseln derselben die blüten- und fruchttragenden Stiele. Auf den Anden Südamerikas finden sich die

merkwürdigen Kolletien, von denen eine Art, nämlich *Colletia cruciata*, in der untenstehenden Abbildung, Fig. 1, dargestellt ist. Die grünen Flachsprosse, welche die Rolle der Laubblätter spielen, bilden bei ihnen sehr feste, paarweise gegenüberstehende, zusammengedrückte, in Spitzen auslaufende Organe, von welchen immer ein Paar gegen das andere um einen rechten Winkel gedreht ist, und die von diesen massiven Flachsprossen getragenen grünen Laubblättchen werden



Flachsproßgewächse: 1 *Colletia cruciata*; 2 *Carmichaelia australis*; 3 *Phyllanthus speciosus*.

wegen ihrer Winzigkeit kaum bemerkt. Wieder etwas anders verhält es sich bei dem auf den Salomoninseln heimischen Knöterich *Coccoloba platyclada* und bei dem auf der Insel Soko-tora vorkommenden *Cocculus Balfourii*. Es ist aber unmöglich, hier auf alle diese Verschiedenheiten einzugehen, und es genügt, die auffallendsten Formen der Flachsproßgewächse durch die Abbildungen auf dieser und der vorhergehenden Seite erläutert zu haben.

Wenn bei allen diesen sonderbaren Pflanzen die Zweige flächenförmig ausgebreitet sind, so kann man wohl nicht behaupten, daß die Oberfläche ihrer transpirierenden Gewebe eine

Beschränkung des Umfanges erfährt, und insofern hat allerdings diese Ausbildung mit der Herabsetzung der Transpiration nichts zu tun. Ihre Bedeutung für die Transpiration ist auch etwas anders. Sie liegt darin, daß die blattähnlichen Sprosse mit ihrer Fläche nicht wagerecht, sondern mehr oder weniger Lotrecht gerichtet sind. Im Gegensatz zur Mehrzahl der Flachblätter, die ihre Breitseite ganz dem einfallenden Lichte zuwenden, sind die Flachsprosse vertikal gestellt, so daß sie zur Mittagszeit nur einen sehr schmalen Schatten werfen und im übrigen der Sonne den Weg zum Boden nicht verwehren. Begreiflicherweise wird aber ein solches vertikal aufgerichtetes, gleichsam auf die Kante gestelltes blattartiges Gebilde viel weniger verdunsten als ein Laubblatt, dessen Fläche den zur Mittagszeit einfallenden Sonnenstrahlen ausgefetzt ist. Die Arbeit in den grünen Zellen, welche sich unter dem Einflusse des Lichtes vollzieht, wird durch diese Richtung des blattartigen Gebildes nicht beeinträchtigt. Können die vertikal gestellten grünen Flächen zur wärmsten Zeit des Tages von den Sonnenstrahlen auch weniger gut durchleuchtet werden, so wird das reichlich dadurch aufgewogen, daß deren Breitseiten dem Lichte der Morgen- und Abendsonne ausgefetzt sind. Dagegen ist zur Zeit des Sonnenauf- und -niederganges keine so starke Erwärmung und daher auch keine so starke Verdunstung zu befürchten wie dann, wenn die Sonne im Zenit steht. Man kann also zusammenfassend sagen: es wird durch die Vertikalstellung der grünen Flächen nur die Verdunstung, nicht aber auch die Durchleuchtung beschränkt, und man hat daher diese Umwandlung wohl mit Recht als Schutzmittel gegen eine zu weitgehende Verdunstung aufzufassen.

Übrigens sind die Flachsprosse nur das Vorbild für eine lange Reihe von sehr bemerkenswerten Einrichtungen, welche schließlich alle darauf abzielen, daß nicht die Breitseite, sondern die Kante oder Schmalseite des verdunstenden flächenförmigen Organes gegen den Zenit gerichtet ist.

An mehreren Platterbsen der südeuropäischen Flora, z. B. *Lathyrus Nissolia* und *Ochrus*, besonders aber an einer großen Zahl australischer Sträucher und Bäume, zumal an Akazien (*Acacia longifolia*, *falcata*, *myrtifolia*, *armata*, *cultrata*, *Melanoxydon*, *deci-piens* usw.), sind es die Stiele der Blätter, welche blattartig verbreitert und mit ihrer Fläche vertikal gestellt sind, und die Blattspreite ist dann entweder ganz verkümmert, oder sie nimmt sich nur wie ein Anhängsel an der Spitze des flachen, grünen, *Phyllodium* genannten Blattstiels aus.

Die Familien der Irideen und Kolchikazeen umfassen zahlreiche Gattungen (*Iris*, *Gladiolus*, *Ferraria*, *Witsenia*, *Montbretia*, *Tofieldia*, *Narthecium* usw.), welche mit reitenden Blättern ausgerüstet sind. Diese Blätter zeigen die Eigentümlichkeit, daß sie der Länge nach zusammengefaltet, und daß die durch Faltung aufeinander treffenden Seiten miteinander verwachsen sind. Nur dort, wo sie dem Stengel aufsitzen, bleiben die beiden Hälften getrennt und bilden eine kurze Rinne, in der die Basis des darüberstehenden Blattes wie die Messer Klinge in der Scheide geborgen ist. Jedes tieferstehende Blatt umfaßt also die Basis des darüberstehenden, es reitet auf diesem, wie die Begründer der botanischen Kunstsprache sich ausdrückten. Solche reitende Blätter sind nun mit ihren Breitseiten nicht der scheinbar einfallenden Mittagssonne, sondern den Strahlen der aufgehenden und untergehenden Sonne zugewendet.

In der Mittelmeerflora und auch auf vielen Steppen findet man nicht selten Pflanzen, deren Blätter den Eindruck machen, als hätten sie sich vom Stengel nicht recht ablösen können.

Der vom Stengel absteigende Teil des Laubblattes ist bei solchen Pflanzen nur sehr klein, dagegen ziehen sich die Ränder des Blattes als Leisten und flügelartige Säume weit am Stengel herab. Man nennt derlei Blätter, die man besonders häufig bei Korbblütlern, aber auch bei vielen Schmetterlingsblütlern und Nachenblütlern antrifft, herablaufend. Die Lage dieser senkrecht am Stengel herablaufenden Flügel zur Sonne ist ganz dieselbe wie jene der Phyllobien, Phyllokladien und reitenden Blätter, und auch ihre Bedeutung für die Transpiration ist in ähnlicher Weise zu erklären.

Bei manchen Pflanzen besitzen die Flächen der Laubblätter die vertikale Lage noch nicht im jugendlichen Zustande, sondern nehmen sie erst allmählich während ihrer Ausbildung an, d. h. die Flächen sind in der Anlage mit ihren Breitseiten nach oben und unten gekehrt, drehen sich aber später dort, wo sie am Stengel aufsitzen, in der Weise, daß ihre Ränder nach oben und unten sehen. Eine gewisse Berühmtheit hat infolge dieser merkwürdigen Schwenkung ihrer Blattspalten die in den Prärien Nordamerikas von Michigan und Wisconsin südlich bis Alabama und Texas vorkommende, zu den Korbblütlern gehörende Staude *Silphium laciniatum* erlangt. An dieser Pflanze, welche in Fig. 1 und 2 auf S. 253 abgebildet ist, war es den Jägern in den Prärien längst aufgefallen, daß die Flächen der Blätter, namentlich jener, welche vom untersten Teile des Stengels ausgehen, nicht nur eine vertikale Lage annehmen, sondern immer auch so gerichtet sind, daß jedes Blatt die eine Breitseite nach Sonnenaufgang, die andere gegen Sonnenuntergang wendet. Die ganze lebende Pflanze, wie sie auf der sonnigen Flur steht, macht den Eindruck, als hätte man sie zwischen zwei riesige Bogen Papier gelegt gehabt, etwas gepreßt und eine Zeitlang getrocknet, wie man Pflanzen für das Herbarium präpariert, dann aber aus der Presse herausgenommen und so aufgestellt, daß die Spitzen und das Profil der vertikalen Blattflächen, entsprechend der Richtung der Magnethadel, nach Norden und Süden, die Breitseiten dagegen nach Osten und Westen gerichtet sind. Diese Richtung wird von der lebenden Pflanze auf den Prärien so gut und so regelmäßig eingehalten, daß die Jäger bei trübem Himmel sich nach dieser Pflanze über die Weltgegend zu orientieren imstande sind, aus welchem Grunde das *Silphium laciniatum* auch Kompaßpflanze genannt wurde. Für das Leben der Kompaßpflanze selbst hat die Meridianstellung ihrer vertikal aufgerichteten Blätter den Vorteil, daß die Flächen von den am kühlen und relativ feuchten Morgen und ebenso am Abend nahezu senkrecht auf sie einfallenden Sonnenstrahlen wohl durchleuchtet, aber nicht stark erwärmt und nicht übermäßig zur Transpiration angeregt werden, daß dagegen zur Mittagszeit, wenn die Blätter nur im Profil von den Sonnenstrahlen getroffen werden, auch die Erwärmung und Transpiration verhältnismäßig gering sind. Dieses *Silphium* kann als das Vorbild einer ganzen Reihe staudenförmiger Korbblütler gelten, von denen eine Art, nämlich der wilde Lattich (*Lactuca Scariola*; s. Abbildung, S. 253, Fig. 3 und 4), im mittleren und südlichen Europa, die meisten aber (*Achillea clypeolata* und *filipendulina*, *Serratula radiata*, *Tanacetum Balsamita* usw.) im südlichen Europa und im Orient verbreitet sind.

Auch an vielen australischen baum- und strauchartigen Myrtaceen und Proteaceen, namentlich an den Arten der Gattungen *Eucalyptus*, *Leucadendron*, *Melaleuca*, *Protea*, *Banksia* und *Grevillia*, sind die Blattspalten so gewendet, daß sie auf die Kante, also vertikal gestellt sind, und nicht wie jene unserer Ahorn-, Buchen- und Ulmenbäume eine horizontale Lage einnehmen. Man denke sich nun einen ganzen Wald aus solchen Bäumen, auf den die Mittagssonne ihre Strahlen herabsendet. Ist es auch nicht gerade wörtlich zu nehmen, daß

jedes vertikal gestellte Blatt zur Mittagszeit nur einen linienförmigen Schatten wirft, so ist es doch mit dem Schatten im Grund eines derartig zusammengesetzten Waldes schlecht bestellt. Die Sonnenstrahlen finden allenthalben ihren Weg zwischen den aufgerichteten Blattflächen, gleiten hinab in die Tiefe, und von einem Waldesdunkel kann in solchen Beständen keine Rede



Rompapflanzen: 1 *Silphium laciniatum*, von Osten gesehen, 2 dieselbe Pflanze von Süden gesehen; 3 *Lactuca Scariola*, von Osten gesehen, 4 dieselbe Pflanze, von Süden gesehen. Beide Arten bedeutend verkleinert. (Zu S. 252.)

sein. Die Kasuarineen und die mit Phyllodien ausgestatteten Akazien (vgl. S. 251), welche mit den Eukalypten und Proteazeen gesellig vorkommen, tragen gleichfalls nichts bei, solche Wälder schattig zu machen, und so ist es wohl ganz gerechtfertigt, wenn man von den schattenlosen Wäldern Australiens spricht.

Ein ähnliches Verhältnis wie diese australischen Bäume und Sträucher zeigen auch zwei Linden, die unter dem Namen Silberlinden zusammengefaßt werden: *Tilia alba* und *tomentosa*. Im Sommer nehmen nämlich die Flächen ihres Laubes eine nahezu vertikale



Lage an, allerdings nur an jenen Ästen und Zweigen, welche der Sonne ausgesetzt sind. Steht der Baum am Fuß einer Felswand oder am Rand eines geschlossenen Waldes und ist ein Teil desselben beschattet, so bleiben die Blätter an diesem beschatteten Teile horizontal ausgebreitet. Da diese Erscheinung auch an den Kompasspflanzen beobachtet wird, indem auch bei diesen die Blattspreiten die vertikale Lage nur dann einnehmen, wenn sie auf unbeschatteten ebenen Land emporgewachsen sind, und da an feuchten, schattigen Orten, wo die Gefahr einer durch die kräftigen Sonnenstrahlen des Mittags eingeleiteten zu weitgehenden Verdunstung fortfällt, die Drehung und Meridianstellung der Blätter nicht eintritt, so besteht wohl kein Zweifel, daß die Vertikalstellung der Blattspreiten als Schutzmittel gegen die Gefahr einer zu weitgehenden Transpiration zu gelten hat.

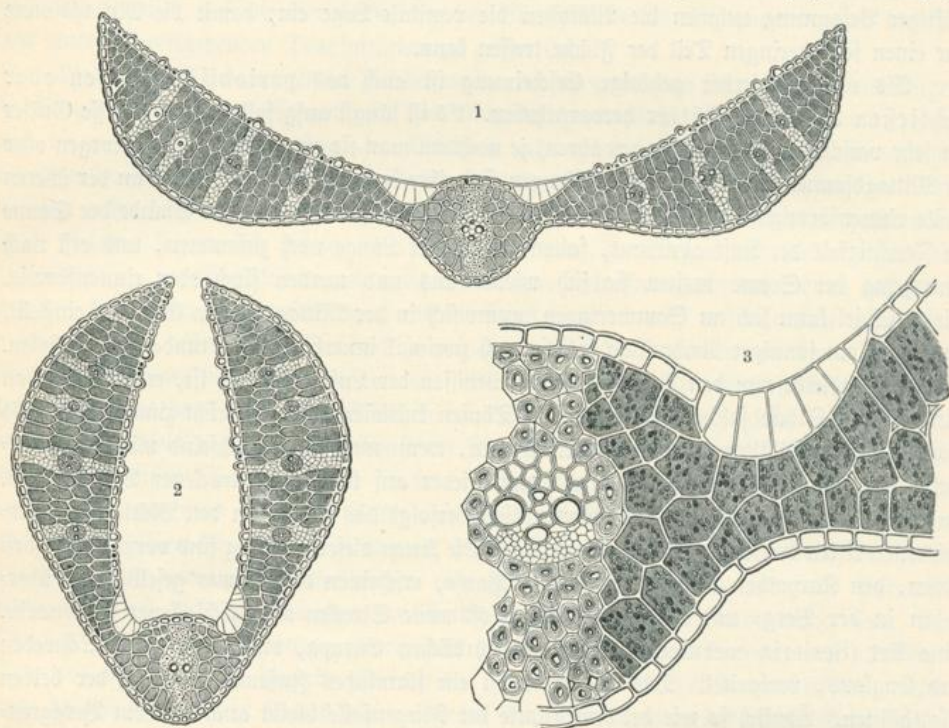
Die Richtungsänderungen der Blätter werden bei den genannten Linden durch Änderungen im Turgor bestimmter Zellengruppen des Blattstieles veranlaßt. Dieselbe Ursache erzeugt auch die periodischen Bewegungen der Blättchen zahlloser Pflanzen mit gefiedertem und gefingertem Laube, namentlich solcher aus der Familie der Leguminosen, und es liegt die Mutmaßung nahe, daß auch diese Bewegungserscheinungen mit der Transpiration im Zusammenhange stehen. Wenn sich infolge von Veränderungen im Turgor der Gelenkpolster die Fiederblättchen der Gleditschien und einiger Mimosen nach Untergang der Sonne aufrichten und jene der Amorphen herabschlagen und die Nacht hindurch eine vertikale Lage annehmen, so hängt das in erster Linie allerdings (wie später noch erörtert werden wird) mit der nächtlichen Ausstrahlung der Wärme zusammen. Aber ebenso gewiß hat das Zusammenlegen und Zusammenfallen der Blätter und Blättchen bei vielen dieser Pflanzen zugleich die Bedeutung eines Schutzmittels gegen die zu weitgehende Transpiration. An mehreren Sauerklee-Arten der südafrikanischen Flora, ja auch an dem verbreiteten gewöhnlichen Sauerklee (*Oxalis Acetosella*) kann man die Beobachtung machen, daß sich die drei Blättchen, sobald sie von den Sonnenstrahlen direkt getroffen werden, herabschlagen, mit der unteren Seite, welche die Spaltöffnungen enthält, aneinanderlegen und so alle drei zusammen eine steile Pyramide bilden, während dieselben Blättchen an schattig-feuchten Orten flach ausgebreitet sind. Die Blättchen des sumpfbewohnenden, durch das mittlere und südliche Europa, das gemäßigte Asien und das nördliche Amerika verbreiteten Wasserfarnes *Marsilia quadrifolia*, welche denen des Sauerklee sehr ähnlich sehen, aber die Spaltöffnungen an der oberen Seite tragen, bleiben, solange sie auf dem Wasser schwimmen, flach ausgebreitet; sobald aber der Wasserstand sinkt und die Blättchen rings von Luft umgeben werden, klappen sie im Sonnenscheine nach oben zusammen und haben dann ganz ähnlich wie die der Kompasspflanzen eine vertikale Stellung. Mehrere strauchige, dornenreiche Mimosen Brasiliens und Mexikos breiten in ihrer Heimat und an ihrem natürlichen Standort, im Gegensatz zu der bekannten Sinnpflanze (*Mimosa pudica*), die Blättchen immer erst gegen Abend horizontal aus und erhalten sie in dieser Lage die ganze Nacht hindurch. Auch am nächsten Morgen sind sie noch weit ausgebreitet. Sobald aber die Sonne emporgestiegen ist und deren Strahlen auf das Laub einfallen, klappen die Blättchen zusammen; die drohenden Dornen, welche bisher von den ausgespannten Blättern verdeckt waren, werden sichtbar, und sämtliche Blättchen verbleiben jetzt während der heißesten und trockensten Stunden des Tages in der Vertikalstellung. Erst gegen Sonnenuntergang ändern sie wieder ihre Lage und beginnen sich flach auszubreiten. Von diesem Wechselspiel findet nur dann eine Ausnahme statt, wenn das geöffnete Laub von einem Windstoß erschüttert wird, und wenn der Himmel den ganzen Tag grau umwölkt bleibt.

Im ersteren Falle, das ist unter dem Einflusse des anprallenden Windes, findet ein rasches Schließen statt, im letzteren Falle, wenn nämlich trübes Wetter eintritt, bleiben sie auch tagüber geöffnet. Ähnlich wie diese Mimosen verhält sich auch die Rutazee *Porliera hygrometrica*. In Peru, wo diese Pflanze heimisch und sehr häufig ist, wird das Offenfein und Geschlossenfein der Blätter sogar zur Wetterprophezeiung benutzt, indem man bei geschlossenen, vertikal gestellten Blättern auf trockenes, heißes, bei offenen Blättern auf feuchtes, kühles Wetter rechnet. Bei den kultivierten Bohnen (*Phaseolus*) wird übrigens auch eine im Laufe des Tages sich an den Teilblättchen vollziehende Richtungsänderung wahrgenommen. Bei kräftiger Besonnung nehmen die Blättchen die vertikale Lage ein, damit die Mittagssonne nur einen sehr geringen Teil der Fläche treffen kann.

Als weitere hierher gehörige Erscheinung ist auch das periodische Falten oder Schließen der Grasblätter hervorzuheben. Es ist längst aufgefallen, daß gewisse Gräser ein sehr verschiedenes Aussehen gewähren, je nachdem man sie an einem tauigen Morgen oder im Mittagssonnenscheine sieht. Am Morgen sind ihre langen, linealen Blätter an der oberen Seite rinnenförmig oder ganz flach ausgebreitet; sobald mit dem höheren Stande der Sonne die Feuchtigkeit der Luft abnimmt, falten sie sich der Länge nach zusammen, und erst nach Untergang der Sonne breiten sie sich wieder aus und werden flach oder rinnenförmig. Dieses Spiel kann sich an Sommertagen, wenn sich in der Mittagszeit ein Gewitter einstellt, dem dann ein sonniger Nachmittag folgt, auch zweimal innerhalb 24 Stunden wiederholen. Wie sehr dasselbe von den Feuchtigkeitsverhältnissen der Luft abhängig ist, ergibt sich schon daraus, daß Stöcke solcher Gräser, die in Töpfen kultiviert werden, leicht zum Öffnen und Schließen ihrer Blätter gebracht werden können, wenn man sie abwechselnd mit Wasser bespritzt und in feuchte Luft stellt und dann wieder auf kurze Zeit trockener Luft aussetzt. Ungemein rasch und auf sehr interessante Weise erfolgt das Falten an den Blättern der verschiedenen Arten des Berggrases (*Sesleria*). Die Arten dieser Gattung sind vorzüglich in den Alpen, den Karpathen und im Balkan zu Hause, erscheinen dort immer gesellig und überziehen in der Berg- und Hochgebirgsregion oft weite Strecken mit geschlossener Grasnarbe. Eine Art (*Sesleria coerulea*) ist auch im nördlichen Europa, durch Finnland, Schweden und England, verbreitet. Das Schließen ist ein förmliches Zusammenklappen der beiden Blatthälften. Ähnlich so wie bei dem Blatte der Fliegenfalle bleibt auch bei dem Berggrasblatte die Mittelrippe in ihrer Lage unverändert, wie dort legen sich auch hier die beiden Hälften nicht platt aufeinander, sondern richten sich nur steil auf und lassen zwischen sich einen schmalen, tiefrinnigen, unten etwas ausgeweiteten Hohlraum frei (s. Abbildung, S. 256, Fig. 1 und 2). Während das offene Blatt seine obere, an Spaltöffnungen reiche Seite dem Himmel zuwendet, erscheinen die Flächen der aufgerichteten beiden Hälften an dem zusammengefalteten, geschlossenen Blatte den einfallenden Sonnenstrahlen parallel, und das gefaltete Berggrasblatt ist dann dem reitenden Blatt einer Schwertlilie zu vergleichen. In dem durch das Zusammenfallen entstandenen Hohlraum aber sind die Spaltöffnungen und das daran grenzende grüne Gewebe sowohl gegen die Sonnenstrahlen als auch gegen die direkte Wirkung des Windes trefflich geschützt. Die Haut der Rückseite, welche an dem zusammengefalteten Blatte der Verdunstung ausgesetzt ist, entbehrt der Spaltöffnungen und ist auch mit einer derben Kutikula versehen.

Ganz ähnlich wie an den Berggräsern beobachtet man das Zusammenfallen längs der Mittelrippe an den Blättern des auf sonnigen Gebirgsweiden in den Sudeten und Karpathen

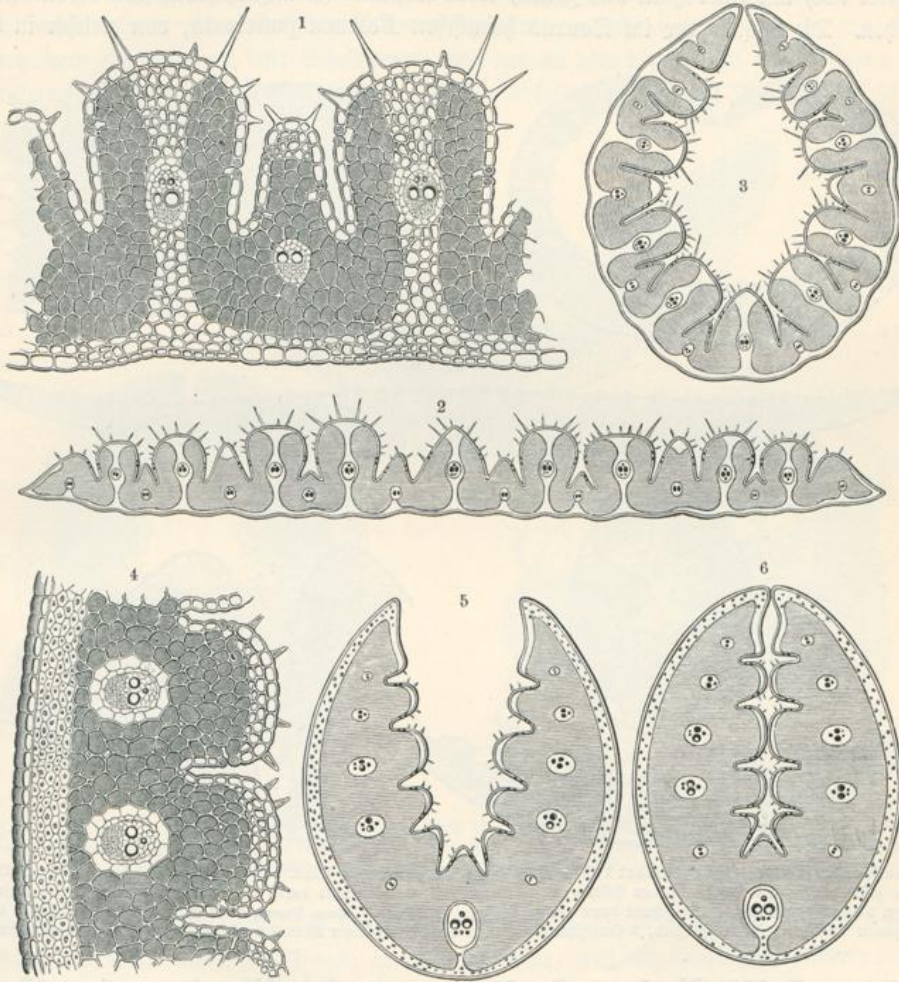
vorkommenden plattalmigen Hafers (*Avena planiculmis*), des zusammengedrückten Hafers (*Avena compressa*) und noch mehrerer anderer mit diesen verwandter Haferarten. Etwas abweichend dagegen vollzieht sich die Faltung oder das Schließen an den Blättern der umfangreichen Abteilung der Schwingelgräser (*Festuca*). Während nämlich bei den Berggräsern die ganze obere Seite des offenen Blattes nur eine einzige flache Rinne bildet und die Faltung nur längs der Mittelrippe stattfindet, beobachtet man an der oberen Seite der Schwingelgrasblätter mehrere parallele längsläufige Rinnen. Das grüne Gewebe ist durch diese Rinnen in vor springende Kiefen geteilt, die einen überaus merkwürdigen Bau zeigen. In jeder



Zusammenfalten der Grasblätter: 1 Querschnitt durch ein geöffnetes Blatt des dünnblättrigen Berggrases (*Sesleria tenuifolia*), 2 Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt derselben Pflanze, 40fach vergrößert, 3 Stück aus der Mitte eines geöffneten Blattes derselben Pflanze, 300fach vergrößert. (Zu S. 255.)

Kiefe kann man die Basis, welche einen Teil der Rückseite des ganzen Blattes bildet, dann die gegenüberliegende Scheitellante, welche der Oberseite des ganzen Blattes angehört, und endlich die beiden Seitenflächen, zwischen denen die Rinnen liegen, unterscheiden (s. Abbildungen, S. 258 und 259). Die Hauptmasse jeder Kiefe wird aus grünem Gewebe gebildet. Die Spaltöffnungen münden aber nur an den Seiten gegen die Rinne zu. Die Scheitellante ist chlorophyllös und zeigt unter den Hautzellen fast immer ein Gewebe von langgestreckten Zellen mit festen, elastischen Wandungen; dasselbe gilt von der Rückseite des Blattes, d. h. der Basis der Kiefen, welche aus einer oder mehreren Lagen chlorophyllöser, mit derben Wänden versehener Zellen gebildet wird. Das Schließen des Blattes ist hier nicht so einfach wie bei den Berggräsern. Dort wird beim Zusammenfalten des Blattes nur eine einzige tiefe, unten ausgeweitete Rinne gebildet; bei den Schwingelgräsern verengern sich dagegen

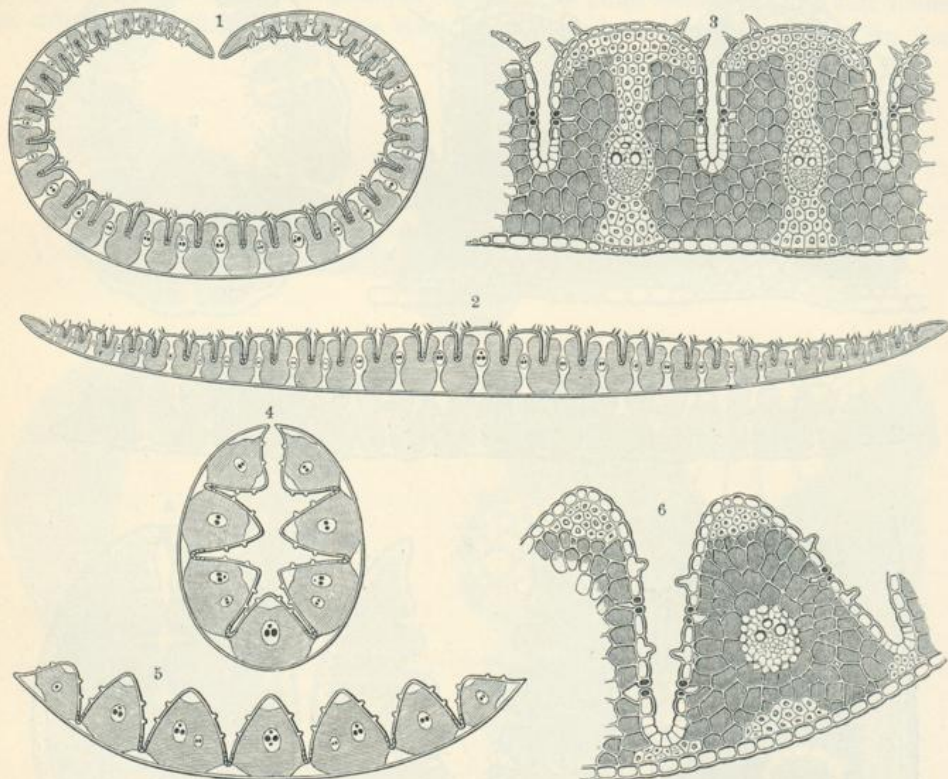
infolge des Schließens des Blattes sämtliche kleinen Rinnen, welche zwischen den Riefen eingeschaltet sind (s. Abbildung, S. 259, Fig. 2). Da die Spaltöffnungen an den Seiten der Riefen liegen, wird begreiflicherweise durch das Zusammenschließen der gegenüberliegenden Seiten jeder Rinne die Transpiration aufs äußerste beschränkt.



Zusammenfallen der Grasblätter: 1 Querschnitt durch ein Stück des offenen Blattes von *Stipa capillata*, 240fach vergrößert, 2 Querschnitt durch ein offenes ganzes Blatt derselben Pflanze, 3 Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt derselben Pflanze, 30fach vergrößert; 4 Querschnitt durch ein Stück des offenen Blattes von *Festuca alpestris*, 210fach vergrößert, 5 Querschnitt durch ein ganz offenes Blatt derselben Pflanze, 6 Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt derselben Pflanze, 30fach vergrößert. (Zu S. 258—260.)

Im einzelnen findet man bei den verschiedenen Schwingelgräsern noch die mannigfaltigsten Abweichungen sowohl in der Zahl und Form der Riefen als auch in betreff der Ausbildung der Rückseite des Blattes und vorzüglich in der Gestalt, welche das Blatt im geöffneten Zustand annimmt. Es gibt eine Menge Schwingelgräser in Spanien, in den Alpen, im Taurus und Elbrus. Diese bilden auch dann, wenn sie bei feuchtem Wetter geöffnet sind, doch nur eine ziemlich schmale Hauptrinne mit mehreren engen Teilrinnen,

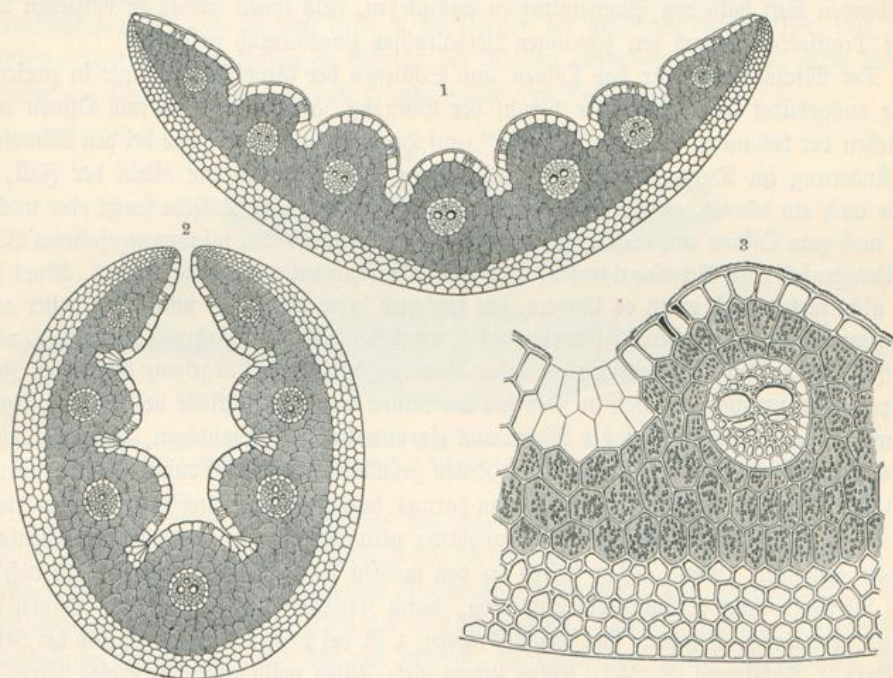
wie an dem Querschnitt eines offenen Blattes der in den südlichen Alpen häufigen *Festuca alpestris* (s. Abbildung, S. 257, Fig. 5) zu sehen ist. Der flache Scheitel jeder Kiefe trägt bei dieser *Festuca alpestris* einen Beleg von drei Schichten chlorophyllloser Zellen, und die Rückseite des Blattes ist mit einem förmlichen Panzer aus dickwandigen Bastzellen und überdies noch mit einer Haut aus Zellen, deren Außenwände ungewöhnlich stark verdickt sind, versehen. Die Blätter der im Taurus heimischen *Festuca punctoria*, von welcher in der



Zusammenfallen der Grassblätter: 1 Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt der *Lasiagrostis Calamagrostis*, 2 Querschnitt durch ein offenes Blatt derselben Pflanze, 24fach vergrößert, 3 Querschnitt durch ein Stück des offenen Blattes derselben Pflanze, 210fach vergrößert; 4 Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt der *Festuca Porcii*, 5 Querschnitt durch ein offenes Blatt derselben Pflanze, 24fach vergrößert, 6 Querschnitt durch ein Stück des offenen Blattes derselben Pflanze, 210fach vergrößert.

Abbildung, S. 259, Fig. 1—3, Querschnitte gegeben sind, bilden dagegen im geöffneten Zustand eine ziemlich flache Rinne; die Rückseite ist mit einem aus vier bis fünf Lagen chlorophyllloser, fester Zellen gebildeten, schützenden Mantel bekleidet; die Kiefen sind abgerundet, zeigen nur eine einfache Lage von Hautzellen, und diese sind mit einem auffallend starken wachsartigen Überzug versehen. Am flachsten sind die geöffneten Blätter der in den siebenbürgischen Karpathen heimischen *Festuca Porcii* (s. obenstehende Abbildung, Fig. 4—6). Unter der Haut an der Rückseite findet sich kein geschlossener Mantel aus Bastzellen wie bei den früher besprochenen Arten, sondern nur einzelne Bastbündel; dagegen ist die Scheitelfante jeder Kiefe mit einem Beleg aus Bastzellen versehen; die Kiefen selbst springen sehr stark vor, und das ganze Blatt ist von sechs tiefen und engen Rinnen durchzogen.

Bei diesen drei als Beispiele vorgeführten Schwingelgräsern wie auch bei allen anderen Arten dieser Gattung, die einen Hauptbestandteil der Grasnarbe auf unseren Wiesen bilden, zieht durch jede Riefe ein Gefäßbündel, das ringsum von grünem Gewebe umschlossen ist. Bei den sich schließenden Blättern vieler anderer Gräser ist dagegen das grüne Gewebe jeder Riefe in zwei Hälften geteilt. Indem sich oben und unten an das Gefäßbündel Stränge von dickwandigen, chlorophyllosen Zellen anschließen, entsteht nämlich eine in das grüne Parenchym eingeschobene feste Scheidewand, wie das an dem Querschnitt eines Blattes vom Rauhgrase (*Lasiagrostis Calamagrostis*) in der Abbildung, S. 258, Fig. 1—3, schön zu



Zusammenfallen der Grasblätter: 1 Querschnitt durch ein offenes Blatt der *Festuca punctatoria*, aus dem Taurus, 2 Querschnitt durch ein geschlossenes Blatt derselben Pflanze, 40fach vergrößert, 3 Querschnitt durch ein Stück des offenen Blattes derselben Pflanze, 280fach vergrößert. (Zu S. 257—260.)

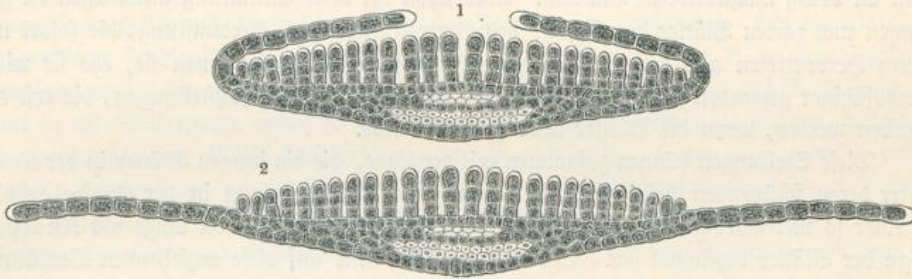
sehen ist. An den Blättern des Pfriemengrases (*Stipa capillata*), von welchem die Abbildung auf Seite 257, Fig. 1—3, Querschnitte zeigt, wechseln höhere und niedere Riefen ab; in den höheren ist eine Scheidewand ganz ähnlich wie bei den Rauhgräsern eingeschoben, in den niederen dagegen ist nur ein ringsum von grünem Gewebe eingefasstes Gefäßbündel wie bei den Schwingelgräsern eingelagert. An dem genannten Rauhgrase, das in den Tälern der westlichen und südlichen Alpen weit verbreitet ist und dort die sonnigen Gehänge in dichtem Schluß überzieht, zählt man nicht weniger als 29 Riefen. Schließt sich das Blatt, so verengern sich die dazwischen liegenden 28 Rinnen, an deren Seiten die Spaltöffnungen liegen, das ganze Blatt wird zu einer Röhre, und die Transpiration ist dadurch nahezu ganz aufgehoben. Bei der auf Lehmsteppen häufig vorkommenden *Stipa capillata* verhält es sich ähnlich. Bei beiden Gräsern wird der Verschluss der Rinnen, an deren Seiten sich die Spaltöffnungen finden, noch dadurch vervollkommenet, daß von dem Scheitel jeder

Riefe kurze, steife Härchen ausgehen, welche bei der Näherung der Riefen ineinandergreifen und den Zugang zur Rinne schützen (s. Abbildung, S. 257, Fig. 3). Die zahlreichen weiteren Modifikationen, welche im Bau der sich schließenden Grasblätter vorkommen, zu beschreiben, würde hier nicht am Platze sein. Die gegebenen Beispiele genügen, um zu zeigen, wie der Gefahr einer zu weitgehenden Verdunstung durch das Zusammenfallen der Blätter begegnet wird, und wie der im Reiche der Gräser so häufige Vorgang darauf hinausläuft, diejenigen Teile des Blattes, welche aus grünem Gewebe bestehen, und über denen die Haut mit Spaltöffnungen versehen ist, entsprechend dem Feuchtigkeitsgrade des Bodens und der umgebenden Luft bald den Sonnenstrahlen auszusetzen, bald ihnen wieder zu entziehen und so die Transpiration nach den jeweiligen Verhältnissen zweckdienlich zu regeln.

Der Mechanismus für das Öffnen und Schließen der Grasblätter könnte in zweierlei Weise ausgebildet sein. Entweder beruht der Vorgang, ähnlich wie bei dem Öffnen und Schließen der bekannten „Rose von Jericho“, auf Hygroscopizität oder, wie bei den Mimosen, auf Änderung im Turgor bestimmter Zellgruppen. Wäre das erstere allein der Fall, so müßte auch ein dürres, abgestorbenes Grasblatt, je nachdem man dasselbe feucht oder trocken hält, noch zum Öffnen und Schließen gebracht werden können. Ein zusammengefaltetes Blatt des Berggrases oder Schwingelgrases, das man abgeschnitten und getrocknet hat, öffnet sich aber nicht mehr, auch wenn es längere Zeit hindurch befeuchtet wird, und es ist daher auch anzunehmen, daß die erstere Erklärungsweise, wenigstens für die Mehrzahl der Fälle, nicht zutrifft. Allem Anscheine nach wirken daher Änderungen in der Turgeszenz derjenigen Zellgruppen, die zwischen den tiefsten Punkten der Rinne und der Rückseite des Blattes liegen. Da man sehr oft den Boden der Rinne aus eigentümlichen zartwandigen, chlorophyllosen, mit wässerigem, farblosem Saft gefüllten Zellen gebildet fand (s. Abbildung, S. 256, Fig. 1 bis 3, und S. 259, Fig. 1—3), schloß man daraus, daß durch den Wechsel im Turgor dieser Zellen das Schließen und Öffnen der Grasblätter veranlaßt werde. Das ist aber jedenfalls zu weit gegangen. Diese Zellen wären in den meisten Fällen viel zu schwach, als daß sie durch Verlieren ihres Turgors ein Schließen, durch Zunahme des Turgors ein Öffnen des Blattes veranlassen könnten. Bei vielen Gräsern, z. B. bei *Festuca alpestris* und bei *Stipa capillata* (s. Abbildung, S. 257), fehlen zudem diese Zellen vollständig. Überdies wurde beobachtet, daß das Schließen und Öffnen des Blattes auch dann noch ganz gut vonstatten geht, wenn die den Grund der Rinnen auskleidenden dünnwandigen Zellen mittels feiner Nadeln künstlich zerstört wurden. Es muß daher die Ursache der Bewegung in der Änderung der Turgeszenz anderer Zellen unterhalb der Rinne gesucht werden. Wo ein aus mehreren Lagen dickwandiger Zellen gebildeter Mantel an der Rückseite des Blattes ausgebildet ist, wie z. B. an *Festuca alpestris* und *punctoria* (s. Abbildungen, S. 257 und 259), dürfte mit der Änderung des Turgors in den parenchymatischen Zellen auch eine Quellung der Zellhäute des Mantels an der Rückseite des Blattes Hand in Hand gehen. Freilich müßten dann die inneren Zellenlagen des Mantels stärker quellbar sein als die äußeren, was auch für einige Arten tatsächlich nachgewiesen wurde.

Wenn übrigens den zartwandigen Zellen im Grunde der einzelnen Furchen die Kraft abgesprochen wird, für sich allein durch Änderung ihres Turgors das Öffnen und Schließen zu bewirken, so ist damit durchaus nicht behauptet, daß sie gar keine Rolle zu spielen haben. Wo sie so ausgebildet erscheinen, wie es an den Blättern der Berggräser und des Schwingelgrases vom Taurus (*Festuca punctoria*) in den Abbildungen S. 256 und 259 zu sehen

ist, sind sie gewiß nicht bedeutungslos. Der Vorteil liegt darin, daß diese dünnwandigen Zellen beim Schließen des Blattes, ohne einen Nachteil zu erleiden, stark zusammengedrückt werden können, wodurch die angrenzenden grünen Parenchymzellen vor Zerrung geschützt werden, ferner auch darin, daß durch sie im Notfall atmosphärisches Wasser aufgenommen werden kann. Sie erinnern lebhaft an die dünnwandigen Zellgruppen der Laubblätter, welche auf S. 174 besprochen wurden, und können auch wie diese wirksam sein. Wenn dort, wo die fraglichen Gräser heimisch sind, nach längerer Dürre einmal ein flüchtiger Regen oder in hellen Nächten Tau fällt, so wird von diesen Niederschlägen wenig oder nichts zu den Wurzeln kommen; denn das Wasser wird von den Blättern der den Boden überkleidenden Gewächse zurückgehalten. Es gelangt aber leicht in die Rinnen der gefalteten Grasblätter, und da die großen, dünnwandigen Zellen im Grunde der Rinnen benetzbar sind, kann durch diese das Wasser auf kürzestem Wege zu den grünen Zellen des Blattes gelangen.



Zusammenfallen der Moosblätter: Querschnitte durch das Blatt eines Widertonmooses (*Polytrichum commune*), 1 das Blatt trocken und zusammengefallen, 2 das Blatt befeuchtet und offen. 85fach vergrößert.

Ein dem Öffnen und Schließen des Grasblattes ganz ähnlicher Vorgang wird auch bei Laubmoosen, und zwar bei allen Arten der Gattung Widerton (*Polytrichum*) und bei einigen Arten der Gattung Bartmoos (*Barbula*), beobachtet. Der eigentümliche Bau der Blättchen dieser Moose wurde schon auf S. 199 erwähnt. Im Anschluß an die dort gegebene Darstellung sei ergänzt, daß die aus grünen, dünnwandigen Zellen aufgebauten Leisten, welche die obere Seite eines jeden Blättchens schmücken, nur so lange dem Anpralle bewegter Luft ausgesetzt bleiben, als diese entsprechend feucht ist. Nur so lange bleibt nämlich die Spreite der Blättchen flach ausgebreitet (s. obenstehende Abbildung, Fig. 2). Sowie die Luft trockener wird, biegen sich sofort die seitlichen Ränder des Blättchens auf und bedecken wie ein Mantel die grünen Leisten (Fig. 1). Diese sind dann in einer Hohlkehle eingebettet, und nur nach oben, wo die aufgebogenen Ränder einen schmalen Spalt offen lassen, bleibt noch die Verbindung mit der umgebenden Luft erhalten. Aber auch da ist noch die Einrichtung getroffen, daß an den obersten Zellen jeder Leiste der gegen den Spalt hin gewendete Teil stark verdickt ist, was zweifellos dazu beiträgt, die Transpiration herabzusetzen. Das Öffnen und Schließen der Blättchen dieser Moose erfolgt ungemein rasch; es kann sich bei wiederholtem Wechsel der Luftfeuchtigkeit mehrere Male an einem Tag abspielen. An Widertonmoosen, welche man abplückt, während ihre Blättchen geöffnet sind, kann man das Schließen in trockener Luft innerhalb weniger Minuten sich vollziehen sehen. Abgestorbene und vertrocknete Blättchen sind immer geschlossen. Wenn man diese auch längere Zeit feucht hält, so öffnen sie sich nicht wieder, woraus man entnehmen kann, daß hier bei dem Öffnen und Schließen



aufser dem Wechsel von Feucht und Trocken auch noch andere Umstände mitwirken. Wahrscheinlich treten hier dieselben Kräfte ins Spiel, welche das Zusammenfallen der Grasblätter bewirken; nur ist der Vorgang bei den Moosblättchen noch weit verwickelter, da es bei diesen mit dem bloßen Aufbiegen der Ränder nicht abgetan ist, sondern gleichzeitig auch eine Emporkrümmung und eine schraubige Drehung des ganzen Blättchens stattfindet.

## 6. Die Transpiration in den verschiedenen Jahreszeiten.

### Junge und alte Blätter.

Die bisher in langer Reihenfolge geschilderten Regulatoren der Transpiration beobachtet man an völlig ausgebildeten Blättern. Aber schon bei ihrer Entfaltung unterliegen die ganz jungen und zarten Blätter der Gefahr des Vertrocknens durch Verdunstung, die sofort nach ihrem Hervortreten aus der Knospe beginnt. Dieser Ungunst begegnen sie, ehe sie widerstandsfähiger geworden sind, durch Annahme ganz besonderer Schutzstellungen, die erst aufgegeben werden, wenn die Blätter älter geworden sind.

Diese Stellungen hängen zusammen mit der Lage, die die jungen Blätter in der Knospe unter deren schützenden Schuppen einnehmen. Die Unterbringung in der Knospe geschieht in einer so merkwürdigen und eigenartigen Form, daß man sie schon lange als Knospelage der Blätter bezeichnet hat. Wir wollen einen Blick auf diese anziehenden Verhältnisse werfen und daran die Betrachtung der Entfaltung der jungen Blätter selbst anschließen. In der Knospe ist der Raum sehr beschränkt, aber die jüngsten und kleinsten Blätter erscheinen diesem Raume dadurch angepaßt, daß ihre Fläche zusammengerollt, gefaltet oder runzelig ist. Diese Form ist auch noch erkennbar zu der Zeit, wenn die Blätter an das Tageslicht hervorkommen; sie erscheint als ein ausgezeichnetes Schutzmittel gegen Vertrocknung des grünen Gewebes und wird daher so lange beibehalten, als andere Schutzmittel noch nicht ausgebildet sind, ja sie bleibt zuweilen auch am älteren Blatt noch erhalten. Die Rollung der Blattfläche, welche das grüne Gewebe bildet, findet man bei mehreren Knöterichen (z. B. *Polygonum viviparum* und *Bistorta*), bei den Arten der Gattung Pestwurz (*Petasites*), einigen Primeln und besonders vielen Zwiebelgewächsen, Aroideen und Bananen. Die Mittelrippe oder oft sogar ein ziemlich breiter mittlerer Streifen des Blattes bleibt gerade, die rechts und links liegenden beiden Hälften aber erscheinen von den Rändern her eingerollt, und zwar bald nach der Oberseite, bald nach der Rückseite. Immer wird jene Seite zur konkaven, an der sich die Spaltöffnungen ausschließlich oder vorherrschend finden, so daß diese geschützt sind. Bei den Safranen (*Crocus*) sind die beiden Hälften des Blattes auswärts gerollt und durch einen breiten weißen, chlorophyllfreien, in die Rollung nicht einbezogenen Mittelstreifen verbunden. An den Milchsterne (*Ornithogalum*), deren Blätter von einem ähnlichen weißen Streifen durchzogen sind, erscheinen die beiden Hälften einwärts gerollt. Bei den Safranarten liegen eben die Spaltöffnungen in den zwei Rinne an der Rückseite, bei den Milchsterne in der Rinne an der Oberseite des Blattes. Die jungen Blätter der Zykadeen sowie die Bedel der Farne sind gleich einer Uhrfeder spiralig nach einwärts gerollt, wobei dann auch die von der Mittelrippe ausgehenden, mit Spaltöffnungen versehenen, grünen, fiederförmigen Abschnitte übereinandergelegt sind.

Weit seltener als die Kollung sieht man an den aus den Knospen hervorbrechenden Blättern die Runzelung. Die netzförmig verbundenen Blattrippen bilden ein festes Gitter, das grüne, die Maschen des Gitters ausfüllende Blattgewebe erscheint teils blasenförmig aufgetrieben, teils grubenförmig vertieft, und das ganze Blatt macht den Eindruck eines zerfnitterten Tuches oder eines zerfnitterten Papierbogens. Besonders auffallend sind die jungen gerunzelten Blätter mehrerer Frühlingsprimeln (z. B. *Primula acaulis*, *elatior* und *denticulata*) und jene von *Gunnera* und *Rheum*. Manchmal kommen Runzelung und Kollung gleichzeitig vor, so daß die in der Knospenlage gerunzelten Blätter mit ihren Rändern auch etwas nach abwärts gerollt sind.

Am häufigsten findet man an den noch in der Knospenlage befindlichen, eben hervorsprießenden jungen Blättern die Faltung. Die Rippen des Blattes bilden hierbei gleichsam die feststehenden Orientierungslinien, und nur das grüne Blattgewebe zwischen den Rippen ist in Falten gelegt. Bei der Mannigfaltigkeit in der Form und Verteilung der Blattrippen ist natürlich auch die Art und Weise der Faltung sehr verschieden. Wo die Blattfläche von mehreren strahlenförmig verlaufenden Rippen durchzogen ist, wie z. B. bei dem Taubehcher oder Frauenmäntelchen (*Alchimilla vulgaris*) in Fig. 7 der Abbildung auf S. 265, ist das Blatt in der Knospenlage genau so zusammengefaltet wie ein Fächer; die Rippen, welche bei dem ausgewachsenen Blatte strahlenförmig auseinanderlaufen, liegen noch parallel nebeneinander, und das im ausgewachsenen Blatte zwischen den Rippen ausgespannte grüne Blattgewebe bildet noch tiefe, dicht aufeinanderliegende Falten. Ähnlich verhält es sich bei den Fingerfräutern, den Klee- und Sauerfleearten (Fig. 8), wo jede der strahlenförmigen Rippen die Mittellinie eines Blattabschnittes darstellt. Jedes Teilblättchen ist entlang der Mittelrippe zusammengefaltet wie ein Bogen Papier, und diese gefalteten Blättchen liegen dann so aneinander wie die gefalteten Bogen in einem Buche.

Auch dann, wenn die Laubblätter fiederförmig sind, und wenn die Teilblättchen paarweise von einer gemeinsamen Spindel ausgehen, wie z. B. bei dem Vogelbeerbaume (*Sorbus Aucuparia*) und der Walnuß (*Juglans regia*; s. Abbildung, S. 265, Fig. 3 und 4), erscheinen sie längs ihrer Mittelrippe zusammengefaltet und wie in einem Buch aufeinandergelegt. An den meisten Ahornblättern sowie den Blättern von *Saxifraga peltata* findet die Faltung nicht nur längs der strahlig verlaufenden, sondern auch längs der an diese sich ansetzenden kurzen Seitenerven statt. Sehr zierlich ist die Faltung, welche die Laubblätter der Buche (*Fagus*; s. Abbildung, S. 268, Fig. 2—8), der Hainbuche und Hopfenbuche (*Carpinus*, *Ostrya*), der Eiche (*Quercus*) und Kastanie (*Castanea*) in der Knospenlage zeigen. Jedes Laubblatt dieser Bäume ist von einer Mittelrippe und zahlreichen von dieser nach rechts und links gleich den Gräten von der Wirbelsäule eines Fisches auslaufenden kräftigen Seitenrippen besetzt. Das grüne Blattgewebe bildet zwischen diesen nebeneinanderliegenden Seitenrippen tiefe Falten, welche ganz so wie die Falten eines Fächers aufeinanderliegen. Wie anders erscheint die Faltung bei dem Kirschbaume (*Prunus avium*). Hier ist jedes Blatt in der Knospe und auch noch geraume Zeit, nachdem es aus der Knospe sich vorgedrängt hat, nur längs der Mittelrippe gefaltet (s. Abbildung, S. 265, Fig. 1 und 2). Die rechte und linke Hälfte desselben liegen so platt aneinander und decken sich so vollständig, daß man beim ersten Anblicke nur eine einfache Blattfläche vor sich zu haben glaubt. Überdies sind sie in diesem Entwicklungsstadium immer aufrecht, und das führt uns auf die schon oben erwähnte Einrichtung, welche bei jugendlichen unausgewachsenen Blättern beobachtet wird.

Man kann wohl sagen, daß die meisten jugendlichen Laubblätter, wenn sie aus den Knospenhüllen oder zwischen den Keimblättern hervorkommen oder aus unterirdischen Sprossen über die Erde emporsprießen, eine vertikale Lage besitzen; ihre Flächen zeigen auch häufig jene Profilstellung, welche an den Phyllokladien und Phyllocladien, an den Kompaßpflanzen und an den zusammengefalteten Blättern der Gräser beobachtet wurde. Entweder sind die jungen, zusammengerollten Blätter aufgerichtet, wie bei dem Maiglöckchen, den Bananen, Aroiden und den meisten Zwiebelpflanzen, oder die Lage der Mittelrippe des Blattes ist zwar gegen den Horizont geneigt, aber die Blatthälften sind zusammengeklappt, und die beiden aneinander schließenden Blattränder bilden eine den Strahlen der Mittagssonne zugewendete Kante, wie das beispielsweise bei mehreren Gräsern (z. B. *Glyceria*) und bei dem Kirschbaume (*Prunus avium*) der Fall ist, oder der Stiel des Blattes ist lotrecht aufgerichtet und die noch zarte Spreite über denselben ähnlich einem zusammengezogenen Sonnenschirme herabgeschlagen, wie bei *Podophyllum*, *Cortusa*, *Hydrophyllum* und mehreren Ranunculaceen. Bei der Roßkastanie (*Aesculus Hippocastanum*) sind die zusammengefalteten Abschnitte der sich aus den Knospen hervorschübenden Blätter aufrecht, dann schlagen sie sich herab, so daß ihre Spitzen der Erde zugewendet sind, und später, wenn die Oberhaut mehr verdickt ist, heben sie sich wieder so weit, daß sie nahezu parallel zur Erdoberfläche stehen. Auch die Blätter der Linden (*Tilia grandifolia* und *parvifolia*) sind, wenn sie aus den Knospen hervorkommen, vertikal gestellt und mit der Spitze der Erde zugewendet und nehmen erst später eine nahezu horizontale Lage ein. Manchmal ist auch der senkrecht emporkwachsende Blattstiel oben hakenförmig umgebogen, und die zusammengefalteten, vertikal gestellten Blättchen hängen an dem zurückgekrümmten Ende desselben, wie das z. B. der gewöhnliche Sauerklee und noch zahlreiche andere Pflanzen zeigen (s. Abbildung, S. 265, Fig. 8).

Sehr häufig erhalten die zarten jungen Blätter einen Schutz durch sogenannte Nebenblätter. Dort, wo das Laubblatt am Stengel entspringt, befinden sich nämlich bei sehr vielen Pflanzen rechts und links am Blattstiele zwei Blättchen, die man Nebenblätter nennt. Diese Nebenblätter sind bei den Feigenbäumen, bei den Eichen, Buchen, Linden, Magnolien, Zekropien und zahlreichen anderen Gewächsen häutig, bleich, meist ohne Chlorophyll und stellen Schuppen dar, die sich gleich Schirmen vor die aus der Knospe hervordringenden kleinen, zarten, grünen Blättchen stellen und jedenfalls auch als Schirme gegen die Sonnenstrahlen aufzufassen sind (s. Abbildung, S. 265, Fig. 3). Ist das junge Blatt diesen Schirmen einmal über den Kopf gewachsen, und bedarf es ihrer nicht weiter, so welken sie, lösen sich ab und fallen zu Boden. Im Grunde der Eichen- und Buchenwälder findet man, kurz nachdem die Laubblätter ihre normale Größe erreicht haben, Milliarden solcher abgefallener Schuppen, die man in der botanischen Kunstsprache „hinfallige Nebenblätter“ genannt hat. Sehr auffallend sind die Nebenblätter der Magnoliaceen, zumal des in Nordamerika heimischen, jetzt aber allenthalben auch in Europa kultivierten Tulpenbaumes (*Liriodendron tulipifera*), die in der Abbildung auf S. 267 dargestellt sind. Sie sind verhältnismäßig groß, schalenförmig, und je zwei derselben sind so aneinander gelegt, daß sie eine Blase darstellen. In dieser häutigen, etwas durchscheinenden Blase eingeschlossen sieht man das junge Blatt, dessen Stiel hakenförmig gekrümmt ist, und dessen Flächen ähnlich jenen des Kirschbaumes längs der Mittelrippe zusammengefaltet sind. Das Blatt wächst allmählich heran, vergrößert sich, und wenn dann die Hautzellen einmal so weit verdickt sind, daß die Gefahr des Vertrocknens abgewendet ist, dann öffnet sich die Blase, die beiden schalenförmigen Nebenblätter

treten auseinander, schrumpfen zusammen und fallen schließlich ab. Nur zwei Narben an der Basis des Blattstiels erinnern später noch daran, daß hier im Frühling zwei große, schalenförmige Schutzorgane saßen, welche das zarte, junge Blatt zu schützen hatten.

Wenn die Blätter an den jungen Zweigspitzen gegenständig, aufgerichtet und konkav sind und sich mit ihren Rändern berühren, wie das an dem wolligen Schneeball (*Viburnum Lantana*) der Fall ist, so bilden sie ein die Spitze des Sprosses umschließendes förmliches



Laubentfaltung: 1, 2 des Kirschbaumes (*Prunus avium*); 3, 4 des Walnußbaumes (*Juglans regia*); 5, 6 des wolligen Schneeballes (*Viburnum Lantana*); 7 des Frauenmüldchens (*Alchimilla vulgaris*); 8 des Sauerlees (*Oxalis Acetosella*). (Zu S. 263—265.)

Gehäuse (s. obenstehende Abbildung, Fig. 5). Die schwachen Falten aus grünem Gewebe springen gegen den Innenraum des Gehäuses vor; die noch dicht zusammengedrückten Seitenrippen dagegen bilden die Außenwand des Gehäuses und dadurch vortreffliche Schutzhüllen für das grüne Blattgewebe. Während dieses heranwächst, wobei die Hautzellen entsprechend verdickt werden, glätten sich die einspringenden Falten, die Rippen rücken auseinander, das Blatt wird flach, nimmt statt der vertikalen eine horizontale Lage an und wendet nun nicht mehr die Rückseite, sondern die Oberseite dem einfallenden Lichte zu (s. obenstehende Abbildung, Fig. 6).

Daß firnisartige Überzüge als schützende Decke besonders häufig an jungen Blättern vorkommen und sie während ihrer Ausbildung vor Vertrocknung bewahren, schließlich aber,

wenn die Blattfläche einmal vollkommen ausgewachsen und die Oberhaut kutikularisiert ist, verschwinden, wurde bereits erwähnt. Ebenso wurde gelegentlich darauf hingewiesen, daß die Bekleidung mit Haaren den jugendlichen, der Knospe eben erst entschlüpften Laubblättern als Schutz und Schirm von hervorragendem Nutzen ist. An einer großen Zahl von Gewächsen sind die Blätter nur im Beginn der Entwicklung behaart; es finden sich an ihnen zwischen den Zellen der Haut lange Haarzellen mit ihrer schmalen Basis wie eingekleilt. Diese letzteren schrumpfen schon sehr zeitig dicht über ihrer Ursprungsstelle zusammen, brechen oder reißen dort quer ab, bleiben dann noch kurze Zeit hängen, werden aber später bei der Vergrößerung und Ausdehnung der Blattflächen abgestoßen, oft auch durch den Wind entführt. Die anfänglich ganz dicht behaarten Blättchen erscheinen dann beiderseitig oder doch teilweise kahl und grün. Am auffallendsten ist in dieser Beziehung die Felsenmispel (*Amelanchier vulgaris*), deren längs der Mittelrippe gefaltetes Laub im ersten Frühling mit schneeweißer Wolle bekleidet ist, so daß man fast an ein Edelweiß erinnert wird, während es im Sommer keine Spur davon mehr zeigt. Ähnlich verhalten sich auch die Silberpappel (*Populus alba*), mehrere Weiden und die Krokastanie. Die Blätter der letzteren sind zur Zeit, wenn sie sich über die braunen, auseinander gedrängten Knospenschuppen hervorschieben, dicht mit Wolle übersponnen, verlieren diese aber im Laufe des Frühlinges so vollständig, daß man an den ausgewachsenen Blättern nur hier und da noch hängen gebliebene Reste derselben wahrzunehmen vermag. Nicht immer sind es übrigens wollige Überzüge, welche später als überflüssig ganz oder teilweise abgestoßen werden. An den Laubblättern des schon früher genannten Schneeballes (*Viburnum Lantana*) erscheinen verfilzte Sternhaare, welche sich ablösen, sobald die Haut genügend verdickt ist; bei einer Rhabarberart (*Rheum Ribes*) sind es armleuchterartige, kurzgliederige, brüchige Haarbildungen, welche den Ranten des anfänglich sehr stark runzeligen Blattes aufsitzen und später, wenn sie nicht mehr notwendig sind, sich in Stücke lösen und abfallen, und bei mehreren Königsferzen (z. B. *Verbascum pulverulentum* und *granatense*) sind es strauchförmig verästelte Haargebilde, welche sich von der Oberhaut der ausgewachsenen Blätter abheben und als lose Flocken von den Winden weggetragen werden.

An der Buche (*Fagus silvatica*) wird das Jugendkleid der Laubblätter aus Seidenhaaren gebildet, und die Art und Weise, wie diese angebracht und als Schutzmittel wirksam sind, ist so eigentümlich, daß es der Mühe lohnt, etwas näher darauf einzugehen. Beim ersten Anblick scheint das junge Buchenblatt an der Rückseite ganz mit Seide überzogen; bei genauerem Zusehen aber findet man, daß die Seidenhaare nur den Rändern und den Seitenrippen aufsitzen, und daß die grünen Teile des Blattes keineswegs behaart, sondern tatsächlich vollständig kahl sind. Da aber das grüne Blattgewebe tiefe Falten bildet (s. Abbildung, S. 269, Fig. 4 und 5), die Seitenrippen einander noch sehr genähert sind und die auf ihnen sitzenden Seidenhaare mit den freien Enden über die nächstworderen Rippen weit hinausragen, so werden alle furchenförmigen Vertiefungen der Falten ganz überdeckt; jede Furche ist von den sehr regelmäßig in paralleler Anordnung nebeneinander liegenden Haaren überbrückt, und so wird der Eindruck hervorgebracht, als ob das ganze Blatt ein zartes Seidenkleid trüge (s. Abbildung, S. 269, Fig. 5). Über die Bedeutung dieser Haare kann kein Zweifel aufkommen; sie schützen eben das von ihnen überdeckte grüne Gewebe gegen die Sonne, und zwar so lange, bis die Haut dort genügend verdickt ist. Nachdem diese Verdickung erfolgte, glätten sich die Falten (Fig. 6), das Blatt nimmt statt der vertikalen eine horizontale Lage an; seine Rückseite ist dann von der Sonne abgewendet, und die Rolle der Haare ist

ausgespielt. Sie sind jetzt überflüssig und fallen in der Regel ab oder sind, wenn sie sich an den Seitenrippen erhalten, verknittert, unscheinbar und bedeutungslos geworden.

An dieser Stelle ist auch noch der Vorgänge bei der Entwicklung junger Laubblätter aus unterirdischen Knospen zu gedenken. Bei vielen Arten sind die jungen



Laubentfaltung des Tulpenbaumes (*Liriodendron tulipifera*): 1 ein Zweig, an dessen Spitze die Entfaltung soeben begonnen hat, 2 das Ende desselben Zweiges, die Entfaltung weiter vorgeschritten, 3 die vorderen schalenförmigen Nebenblätter an den obersten Knospen künstlich entfernt, 4 eins der Nebenblätter im Abfallen begriffen. (Zu S. 264.)

Laubblätter in den unterirdischen Knospen von schuppenförmigen Blättern, die man Niederblätter nennt, eingehüllt. Sobald die jungen Laubblätter sich in die Länge strecken und durch die Erde an das Licht emporzukommen suchen, verlängern sich auch ihre Hüllen, und diese durchbohren mit ihrer aus turgeszierenden Zellen zusammengesetzten Spitze die Erde. Erst nachdem die Erde durchbohrt und durchbrochen ist, hört das Wachstum der Niederblätter auf. Sie haben

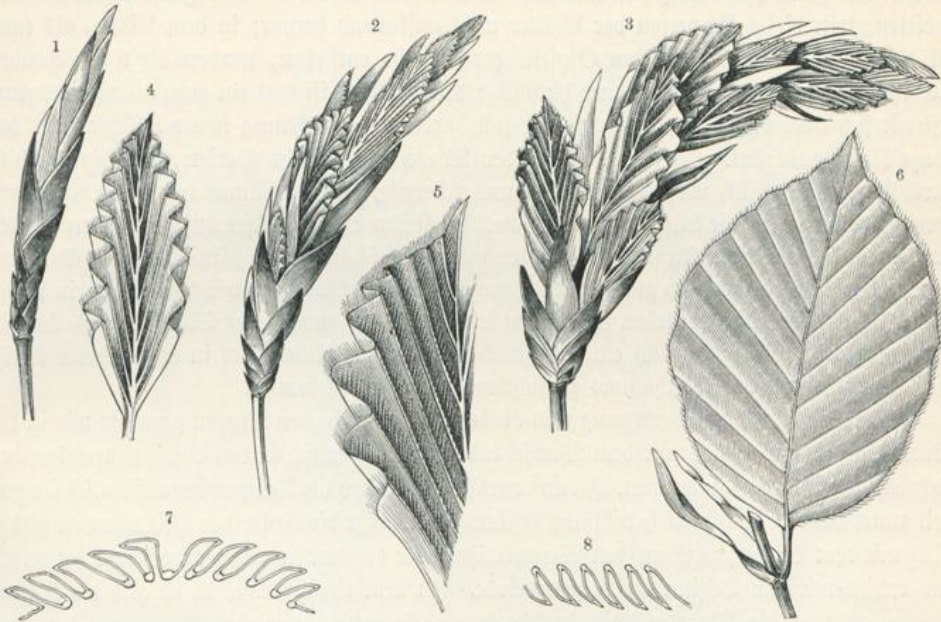
ihre Schuldigkeit getan, haben die Erde durchbohrt und die Spreiten der von ihnen eingehüllten jungen, zarten Laubblätter gegen Beschädigungen während dem Durchbrechen der Erde geschützt.

Wenn solche Hüllen aus Niederblättern fehlen, so müssen sich die jungen aufsprossenden Laubblätter selbst den Weg durch die Erde brechen. Diese Erde ist häufig aus harten Teilchen gebildet, sie enthält spige Steinchen und eckige Sandkörner eingeschlossen. Damit nun auf diesem holperigen und rauhen Wege die emporschneidenden Laubblätter keinen Schaden nehmen, sind sie so gebogen, gedreht, gefaltet und zusammengelegt, daß sie insgesamt einen Keegel darstellen, und, was das Wichtigste ist, der Scheitel dieses Kegels, der wie ein Erdbohrer vordringt und hierbei auf das zu durchbrechende Erdreich einen starken Druck ausübt, ist mit besonderen Zellen gewappnet, welche mit jenen an der Spitze der oben erwähnten scheidenförmigen Niederblätter eine große Ähnlichkeit besitzen. Bei vielen Pflanzen, welche eine tief gelappte oder fein zerteilte Spreite der Laubblätter besitzen, wird der Scheitel des die Erde durchbohrenden Kegels von dem Knie des hakig einwärts gebogenen Blattstiels gebildet. So z. B. kommen die Blätter des Eisenhutes (*Aconitum*), der neunblätterigen Zahnwurz (*Dentaria enneaphyllos*) und der Frühlingsplatterbje (*Orobis vernus*) nicht mit den Blattspitzen, sondern mit dem konvergen Teile des knieförmig gebogenen Blattstiels zuerst über die Erde hervor. Solange das Blatt noch im Durchbrechen begriffen ist, sind die Zipfel und Spitzen seiner Abschnitte nach abwärts gerichtet, und erst später, wenn der hakig umgebogene Blattstiel über die Erdoberfläche emporgetaucht ist, streckt er sich gerade und hebt und zieht dabei die Blattspreite aus der Erde heraus. Die freien Spitzen der Blattspreite, welche bisher abwärts gerichtet waren, werden jetzt, oberirdisch angelangt, in die entgegengesetzte Richtung gebracht, und die ganze Spreite entfaltet sich hierauf zu einer der Bodenoberfläche parallelen Scheibe.

Auf eine ganz eigentümliche Weise wird der Boden von den schildförmigen Blattspreiten des *Podophyllum peltatum* durchbrochen. Solange die Blätter dieser Pflanze noch klein sind und unter der Erde stecken, machen sie den Eindruck eines zusammengefalteten Sonnenschirmes. Die gefaltete Spreite ist nach abwärts geschlagen und an den senkrecht emporschneidenden dicken Stiel angeschmiegt. Am freien Ende des Stiels, welches der Spitze eines aufrecht gehaltenen Sonnenschirmes entsprechen würde, findet sich eine Gruppe chlorophyllloser, turgezierender, dünnwandiger Zellen, welche dem Sammelpunkte der strahlenförmig von dort auslaufenden Blattstränge wie ein weißer Knopf aufsitzt, und diese Zellgruppe bildet zugleich den Scheitel des die Erde durchbohrenden Kegels. Nur diese Zellgruppe drückt, wenn der Blattstiel in die Höhe wächst, auf die überlagernden Erdschichten, durchbricht sie und kommt auch zuerst oberirdisch zum Vorschein. Die noch hinabgeschlagene, gefaltete und an den Stiel angeschmiegte Spreite wird dann infolge fortdauernder Verlängerung des Stiels durch das in die Erde gebohrte Loch emporgeschoben. Über der Erde angelangt, spannt sich die bisher noch immer herabgeschlagene Blattspreite endlich aus, ein Vorgang, der sich ganz so ausnimmt, wie wenn ein zusammengefalteter Sonnenschirm aufgespannt wird. Die oben erwähnte Zellgruppe aber, welche als Vorstoß gedient hatte, büßt jetzt ihre Turgejzenz ein, noch immer ist sie aber als ein weißer Fleck in der Mitte der bräunlichgrünen ausgebreiteten Blattspreite sichtbar.

Bei *Hydrophyllum Virginicum*, bei den Arten der Gattung *Acanthus* und an zahlreichen anderen Pflanzen, die sich durch fiederförmige Blätter auszeichnen, sind die Lappen der noch unter der Erde geborgenen Spreite ähnlich wie bei *Podophyllum* herabgeschlagen, das Durchbrechen der Erde wird aber bei ihnen durch eigentümliche Buckel und blasenförmige Wülste an den obersten Lappen, die wieder aus stark turgezierenden Zellen bestehen, vermittelt.

Bei der Zeitlose, dem Hundszahn, den Milchsternen, den Hyazinthen und vielen anderen Zwiebelgewächsen, bei zahlreichen Orchideen unserer Wiesen und Wälder, deren Knospen, in tiefgründiger Erde eingebettet, den Winter überdauern, ist die Spitze der ältesten Blattspitze zu einem förmlichen Erdbrecher umgestaltet. Gewöhnlich ist sie kapuzenförmig gestaltet oder sitzt wie eine Kappe den zusammengefalteten Spitzen der anderen, demselben Stock angehörnden Blattspitzen auf. Immer findet sich an der die anderen überdeckenden Blattspitze eine Gruppe chlorophyllloser Zellen, welche sich schon durch ihre bleiche Farbe von der Umgebung deutlich unterscheidet. Bei der Mehrzahl der untersuchten Pflanzen sind diese Zellen dünnwandig,



Entfaltung des Buchenlaubes: 1 die dunkeln Knospenschuppen auseinander gedrängt, oben die häutigen Nebenblätter sichtbar, welche die Laubblätter verhüllen, 2 die Entwicklung weiter vorgeschritten, die gefalteten Laubblätter werden zwischen den Nebenblättern sichtbar, 3 derselbe Zweig noch weiter entwickelt, 4 Rückseite eines gefalteten jungen Buchenblattes, 5 ein Stück desselben Blattes, die Vertiefungen der Falten von Seitenhaaren überdeckt, 6 Flächenansicht eines entfalteten Buchenblattes, die Nebenblätter weit und im Abfallen begriffen, 7 Querschnitt durch ein Blatt, senkrecht auf die Mittelrippe, 8 Durchschnitt parallel zur Mittelrippe. (Zu S. 266.)

zeigen aber eine starke Turgeszenz, nur bei wenigen, wie z. B. bei dem Bärenlauch (*Allium ursinum*), sind ihre Wände verdickt, und es ist dann die ganze Blattspitze fast hornartig. Diese Gruppe aus turgeszierenden Zellen bildet stets den Scheitel des aus der unterirdischen Knospe hervordachsenden Blätterkegels. Nachträglich, wenn einmal dieser Keil emporgeschoben ist und die Blätter sich über der Erde ausgebreitet haben, erschaffen die früher prallen Zellen der Blattspitze, vertrocknen, werden braun und brüchig, und man sieht dann die Spitze der alten Blätter wie abgedorrt. Bei der Haselwurz und bei mehreren Orchideen sind die Spitzen der ausgewachsenen und ausgebreiteten unteren Blätter sogar regelmäßig gebräunt und wie verbrannt, und zwar auch dann, wenn sie beim Durchdringen der Erde nicht im geringsten verletzt wurden.



### Die tropischen Gewächse in der trockenen Jahreszeit.

So wie zahlreiche Erscheinungen bei dem Hervorbrechen und der Entfaltung des Laubes zu Beginn der Vegetationszeit von der Transpiration abhängen, ebenso stehen auch mehrere Vorgänge am Ende der Vegetationsperiode, vor allen der Laubfall, mit der Transpiration in ursächlichem Zusammenhange. Früher oder später stellt natürlich jedes Blatt seine Tätigkeit vollständig ein, verfärbt sich, stirbt ab, löst sich von dem Pflanzenstocke, dem es seine Dienste geleistet hatte, fällt zu Boden und verwest. In Gegenden, wo die Pflanzenwelt ununterbrochen das ganze Jahr tätig sein kann, in der wärmeren Zone, in den regenreichen Tropengebieten, tritt dieses Abwerfen der Blätter nicht auffallend hervor; in dem Maße, als neue Blätter unter den fortwachsenden Gipfeln der Sprosse entstehen, werden die tieferstehenden älteren desselben Sprosses welk und hinfällig; der Laubfall ist dort ein ganz allmählicher und erstreckt sich über das ganze Jahr, so wie sich dort die Entwicklung neuer Blätter über das ganze Jahr ausdehnt. Es gibt aber in den Tropen auch weite Gebiete, wo Monate hindurch kein Regen fällt, wo dann, wie bei uns zeitweise, manche Bäume mit ihren Ästen und Zweigen blattlos in die Lüfte ragen und auch die Kräuter und Gräser auf den weiten Fluren vergilbt und dürr sind. In solchen Gefilden macht die Pflanzenwelt zeitweilig einen ähnlichen Eindruck wie in der nördlich gemäßigten Zone im Spätherbst. Hier wie dort findet ein periodischer Wechsel im Pflanzenleben statt. Den lebhaften Bewegungen der Säfte, die das Wachstum erfordert, folgt alljährlich ein Stillstand des Saftauftriebes, der in auffallender Weise als Unterbrechung des Wachstums zu sichtbarem Ausdrucke kommt.

Dieser Wechsel von Bewegung und Ruhe hängt also in den Tropen gerade so wie in der nördlich gemäßigten Zone mit dem Wechsel des Wetters, der sich in den aufeinanderfolgenden Jahreszeiten vollzieht, zusammen. In unseren Gegenden, wo die Temperatur alljährlich längere Zeit unter den Gefrierpunkt herabfällt, beginnt und endigt die Ruhe der Pflanzenwelt gleichzeitig mit dem Winter, zwischen den Wendekreisen aber beginnt sie mit der trockenen Jahreszeit und endigt mit dem Beginn der Regenperiode. In dem einen Gebiet ist es also die Kälte, in dem anderen die Trockenheit, welche den Saftumtrieb und das Wachstum hemmen. Jedoch ist der Laubfall nicht durch den Eintritt der für den Pflanzenwuchs ungünstigen Jahreszeit verursacht, sondern er ist nur für viele Gewächse die Form der Anpassung an den Wechsel der Jahreszeiten, wie wir dergleichen Schutzmaßregeln in den vorhergehenden Abschnitten schon mannigfach kennen gelernt haben.

In den Tropen mit langen Trockenzeiten sind von solchen Schutzmaßregeln zunächst die Einrichtungen gegen übermäßige Transpiration verbreitet. Es sind wesentlich die oben schon allgemein geschilderten: die Ausbildung einer die Verdunstung hemmenden Oberhaut (vgl. S. 222), die Schließung der Spaltöffnungen während der trockenen Jahreszeit, auch die Verkleinerung der verdunstenden grünen Oberfläche auf einen möglichst geringen Umfang und die Ausbildung von Wasserspeichern verschiedener Form, die wohl auch in außertropischen Gebieten vorkommen, aber doch zwischen den Wendekreisen in den Gebieten mit lang andauernder trockener Jahreszeit besonders häufig sind. Dabei sind dort zur Aufspeicherung des Wassers auch oberirdische Knollen und Zwiebeln ausgebildet, Organe, welche in den kühleren Zonen unterirdisch angetroffen werden, besonders bei den epiphytischen Orchideen mit ihren knollenförmigen Stämmen. Denn die in den Ritzen der sonnendurchglühten Felsen wurzelnden Pflanzen sind beim Wasserbezuge oft weit günstiger gestellt als jene, welche ihren

Standort auf Bäumen haben. Das erklärt auch, warum gerade die Epiphyten mit sehr ausgiebigen Schutzmitteln gegen das Vertrocknen versehen sind. Namentlich sind es die Wasserspeicher, welche hier in größter Mannigfaltigkeit bei den Pflanzen der verschiedensten Familien beobachtet werden. Die sogenannten Amphigastrien der Lebermoose fungieren hier als Wasserspeicher; an einigen baumbewohnenden Farnen, namentlich an *Nephrolepis tuberosa*, entwickeln sich während der Regenzeit an kurzen Seitentrieben der Rhizome kugelige, mit dünnen, trockenen Schuppen besetzte Knollen von der Größe einer Kirschbeere, deren Gewebe von Wasser strömt.



Der Baobab (*Adansonia digitata*) in der Trockenzeit.

In diesem Zustand erhalten sich die Knollen im Verlaufe der trockenen Jahreszeit, während die anderen Teile dieses Farns verdorren und absterben. Auch die Blätter der zahlreichen auf den Ästen der Bäume angesiedelten Bromeliaceen sind mit Wassergewebe versehen. Ebenso sind die als Epiphyten wachsenden Orchideen reichlich mit Wassergewebe ausgestattet. Bei *Vanda teres* und *Sarcanthus rostratus* (s. Abbildung, S. 341) findet sich das Wassergewebe in den dicken, fleischigen Blättern, bei *Oncidium sphacelatum* (s. Abbildung, S. 160) und an zahlreichen Arten der Gattungen *Brassia*, *Catasetum*, *Cattleya*, *Coelogyne*, *Epidendrum*, *Laelia*, *Lycaste*, *Maxillaria*, *Odontoglossum* usw. in den oberirdischen Knollen. Als bezeichnend kann gelten, daß gefellig mit diesen Orchideen auch Kakteen, namentlich aus den Gattungen *Cereus* und *Rhipsalis*, die mit Hilfe ihres Wassergewebes die größte Trockenheit zu überdauern imstande sind, auf Bäumen wachsend angetroffen werden.

Neben diesen Einrichtungen an Blättern selbst zur Verhinderung einer übermäßigen Transpiration und der Ausbildung von Wasserspeichern ist aber in den Tropen auch der Laubabwurf als Schutzmittel gegen allzu starke Wasserabgabe nicht unbekannt. So stehen auf Ceylon im Februar und März die mächtigen Bombax-Bäume vollständig laublos da, ebenso die Plumieren. Von den Pithecolobien segt der Wind die Blätter herab, allein nach 14 Tagen haben sie schon wieder neues Laub erzeugt, was in den Tropen erstaunlich schnell vor sich geht. Auf Ceylon entlauben sich wohl ca. 100 Baumarten, die dort vorkommen. Bemerkenswert ist, daß in den tropischen Landschaften das Farbenspiel, besonders das Auftreten des roten Farbstoffes in den zum Abfallen sich vorbereitenden Laubblättern, zurücktritt, und daß die Ablösung des Laubes von den Zweigen viel langsamer erfolgt als in der nördlich gemäßigten Zone. Die Blätter der tropischen Pflanzen, aus denen die überschüssigen, aber noch wertvollen organischen Verbindungen in die Reservestoffbehälter abgeleitet wurden, stellen ihre Tätigkeit ein, verlieren ihre frische grüne Farbe und fallen ganz allmählich von den Zweigen. Bei manchen Arten wird beobachtet, daß sie gerade in laublosem Zustande blühen, wie z. B. *Bombax malabaricum*, *Plumiera* u. a., und daß auch die Früchte ihre volle Reife erst nach dem Laubfall erlangen. Daher sieht man bisweilen die entlaubten Zweige im Beginn der trockenen Jahreszeit mit Früchten behangen, wofür als Beispiel der in den afrikanischen Steppen, namentlich der Kongosteppe, verbreitete Affenbrotbaum oder Baobab (*Adansonia digitata*; s. Abbildung, S. 271) gewählt sein mag.

Daß in tropischen Gebieten mit periodischem Wechsel von Regenzeit und trockener Jahreszeit das Bild der Vegetation ein ganz verschiedenes sein kann, versteht sich wohl von selbst. Auf Ceylon, wo alljährlich eine mehrmonatige heiße Trockenzeit eintritt, ragen während derselben nur einzelne Bäume oder Baumgruppen entlaubt aus der im üppigen Schmuck grüner Laubmassen prangenden Tropenlandschaft hervor. Doch fällt der Laubabwurf nicht so auf wie bei uns, weil die Bäume der Tropenwälder selten zu größeren Beständen der gleichen Art vereinigt sind, sondern im bunten Durcheinander zerstreut wachsen. Sogar in Westjava, wo das ganze Jahr starke Regenfälle herrschen, wechseln viele Bäume ihr Laub und merkwürdigerweise manche Arten nicht zur selben Zeit, so daß einige blattlos, andere belaubt dastehen.

Anders und mehr unserem Spätherbst gleichend, ist das Aussehen von Tropengebieten mit langen Trockenzeiten. Hier stehen die Wälder vollkommen entlaubt, und in den trockenen Savannenwäldern an der Grenze des venezolanischen Llanos oder in den Campos Brasiliens strecken sie in der dürrn Periode ihre kahlen Äste zum Himmel. Dann bilden in solchen Gegenden die Landstriche einen eigenen Gegensatz zu denen, die feuchter sind, wie die Ufer der Flüsse, an denen sich der belaubte Wald hinzieht.

Es ist nun aber bewiesen worden, daß von den hier erwähnten Einrichtungen und Vorgängen besonders der Laubfall in den Tropen mit dem Einflusse des Klimas zwar zusammenhängt, aber nicht unmittelbar durch dasselbe veranlaßt wird. Darauf deuten auch Beobachtungen in unserem Klima hin. Mehrere Forscher haben sich ausführlich mit der Beobachtung und mit anatomischen Untersuchungen über den Laubfall in der gemäßigten Zone beschäftigt, wovon im nächsten Abschnitt gehandelt wird. Bekanntlich kommt es bisweilen vor, daß sich in der nördlich gemäßigten Zone der Eintritt des Winters verspätet. Obschon die Luft noch sehr mild ist und sich ihre Temperatur noch ununterbrochen weit über dem Nullpunkt hält, verfärbt sich dennoch das Laub und löst sich von den Zweigen der Bäume und Sträucher. Durch plötzlich eintretenden Frost kann der Laubfall beschleunigt werden, aber unmittelbar

veranlaßt wird er durch ihn nicht (vgl. S. 277). Desgleichen werfen Bäume und Sträucher in den Tropen ihr Laub selbst dann ab, wenn sich der Beginn der Trockenperiode länger als gewöhnlich hinauszieht und die klimatischen Verhältnisse es gestatten würden, daß die Blätter noch grün bleiben und funktionieren. Es kommt hier eben wieder jene Periodizität zur Geltung, die unten (S. 274) näher besprochen werden wird, und es soll hier ebenfalls hervorgehoben werden, daß bei den in den Gewächshäusern kultivierten Pflanzen auch dann, wenn dort die Temperatur und Feuchtigkeit das ganze Jahr hindurch gleich erhalten bleiben, für zahlreiche Arten der Gattungen *Adansonia*, *Azelia*, *Cedrela*, *Clerodendron*, *Coccoloba*, *Ficus*, *Kigelia*, *Sapindus*, *Sterculia*, *Strychnos* usw. eine Zeit kommt, in der sie ihr Laub gerade so abwerfen, als ob sie in ihrer Heimat vor dem Eintritte der trockenen Jahreszeit stünden. Daß der Wassermangel in der Trockenzeit, obwohl der Laubfall eine zweckmäßige Anpassung an diese Periode ist, nicht die unmittelbare Ursache des Laubfalles ist, ergaben auch Versuche, in denen es umgekehrt sogar gelungen ist, tropische, sonst laubabwerfende Bäume kurz vor der Trockenzeit zum Austreiben neuer Blätter zu veranlassen, welche sie dann auch in der Trockenzeit behielten. So ist also zweifellos der als eine gewöhnliche Erscheinung angesehene Laubwechsel durchaus nicht leicht wissenschaftlich zu erklären.

### Der Laubfall vor Beginn der kalten Jahreszeit.

In Gegenden, wo es einen wahren Winter gibt, der das Pflanzenleben in Fesseln schlägt, werfen nicht nur viele Bäume und Sträucher, sondern auch viele niedere Gewächse zu bestimmter, alljährlich wiederkehrender Zeit ihre gesamte Laubmasse innerhalb einiger Tage ab und erscheinen dann eine längere Periode hindurch mit entblätternen Zweigen wie leblos und abgestorben. Dieser ganz allgemeine Laubfall verleiht den kälteren Zonen ihren besonderen landschaftlichen Charakter während jener Zeit.

Die Gefährdung der Transpiration durch andauernde Trockenheit in Boden und Atmosphäre bedarf keiner ausführlichen Erörterung. Wenn der Boden kalt wird oder gar bis zu einer begrenzten Tiefe gefriert, müssen die Wurzeln ihre wasseraufnehmende Tätigkeit einstellen, und die Zufuhr von Wasser aus dem Boden ist unterbunden. Schwieriger ist es, die Beziehungen zwischen dem Laubfall und dem Eintritt der Kälteperiode klarzustellen, und es ist angezeigt, zunächst auf einige diese Beziehungen erläuternde Kulturversuche hinzuweisen. Wenn der Boden, in dem man Pflanzen mit lebhaft transpirierenden Laubblättern (Melonen, Tabak und dergleichen) kultiviert, auf einige Grade über dem Nullpunkt abgekühlt wird, so tritt nach kurzer Zeit ein Welkwerden der Blätter ein, und zwar auch dann, wenn die Feuchtigkeit des Bodens und der Luft sowie die Temperatur der Luft für die betreffenden Pflanzen noch ganz günstig sein würden. Die Tätigkeit der Wurzeln wird durch Herabsetzung der Temperatur im umgebenden Erdreiche so beschränkt, daß der Wasserverlust, den die oberirdischen Laubblätter durch die Transpiration erleiden, nicht mehr ersetzt werden kann. Die Blätter welken, vertrocknen, werden braun oder schwarz, sehen wie verbrannt aus, nach der Ausdrucksweise der Gärtner sind sie „erfroren“, und zwar erfroren bei einer Temperatur über dem Gefrierpunkte, was dann auf Rechnung einer „besonderen Empfindlichkeit“ dieser Pflanzen gebracht wird.

Es ist aber unrichtig, hier von Erfrieren zu sprechen; tatsächlich sind diese Pflanzen infolge der Kälte des Bodens und des dadurch beschränkten Zufließens von Wasser zu den

transpirierenden Laubblättern vertrocknet. In Gegenden, welche jährlich eine langdauernde Kälteperiode durchmachen müssen, sind demnach die Pflanzen bei herannahendem Winter infolge der Abkühlung des Erdreiches, in dem sie wurzeln, der Gefahr des Vertrocknens ihrer Blätter gerade so ausgesetzt wie die Laubhölzer in den Catingas Brasiliens, wenn dort die heiße Trockenperiode beginnt. Sie entledigen sich auch gerade so wie diese ihres Blätter Schmuckes, weil sie nicht mehr imstande sein würden, den Wasserverlust der Laubblätter zu ersetzen. Die immergrünen Nadelhölzer dagegen widerstehen der winterlichen Trockenheit einmal durch die Kleinheit ihrer Blätter, welche eine sehr geringe Verdunstungsfläche haben, und durch den Schutz, welchen diese Blätter durch ihren anatomischen Bau, dickwandige Epidermis, ausgebildete Kutikula und eingesenkte Spaltöffnungen besitzen. Aber auch unter ihnen finden sich einzelne laubabwerfende Bäume, z. B. die Lärche, welche daher noch so weit nach Norden gehen und die höheren Gebirgslagen erreichen kann. Wenn dann die Temperatur der Luft unter Null sinkt, Frost eintritt und das Wasser in der Pflanze zu Eis erstarrt, so wird dadurch der Laubfall wohl beschleunigt, teilweise ist er aber schon vor Beginn des Frostes erfolgt, und auch dort, wo die Blätter noch an den Zweigen haften, ist ihre Ablösung durch die Beschränkung der Transpiration bereits eingeleitet und vorbereitet. Es soll hiermit nicht gesagt sein, daß die Pflanzen das Herannahen des Winters voraussehen, und daß die Vorbereitung zum Laubfalle das Ergebnis einer solchen klugen Voraussicht sei; vielmehr läßt sich die Erscheinung ungezwungen durch die Annahme erklären, daß in einem Klima, welches eine längere Unterbrechung der Transpiration des Laubes notwendig macht, gerade solche Pflanzen am besten gedeihen, sich erhalten und verbreiten, deren Eigenart es mit sich bringt, daß auf eine Periode energischer Arbeit eine Periode längerer Ruhe folgt. Der letzte Grund dieser unbewußt zweckmäßigen Periodizität ist freilich hiermit noch nicht gegeben. Derselbe ist ebenso rätselhaft wie überhaupt jede regelmäßige, an bestimmte Zeitabschnitte gebundene Wiederkehr von Lebensvorgängen und Lebenserscheinungen, die durch die Gunst oder Ungunst äußerer Verhältnisse zwar beschleunigt oder verlangsamt, aber nicht aufgehalten werden kann, und die sich auch ohne direkten äußeren Anstoß vollzieht oder doch zu vollziehen sucht.

In betreff der Beschleunigung oder Verzögerung des Laubfalles ist es von hohem Interesse, zu sehen, wie sich ein und dieselbe Pflanzenart unter verschiedenen äußeren Einflüssen verhält, und wie sich in jedem Gebiet und an jedem Standorte gewissermaßen eine Auswahl der für die Verhältnisse am besten geeigneten Pflanzen vollzogen hat. Zunächst ist hervorzuheben, daß unter sonst gleichen Verhältnissen das Laub sich dort länger grün und an den Zweigen erhält, wo Boden und Luft mehr Feuchtigkeit aufweisen. In schattigen, feuchten Waldschluchten sind nicht nur die Wedel der Farne, sondern auch die Blätter der Birken, Buchen und Eschen noch grün, wenn nebenan auf den sonnigen, trockenen Hügeln seit geraumer Zeit das verfärbte Laub der genannten Bäume auf die verdorrten Farnwedel herabzufallen begonnen hat.

Die auffallendste Erscheinung ist aber, daß ein und dieselbe Art in hohen Gebirgslagen viel früher sich entlaubt als im Tal und in der Niederung. Wenn man berücksichtigt, daß in den Alpen die Lärchenbäume und die Heidelbeergebüsche an der Waldgrenze ihre jungen grünen Nadeln und Blätter um ungefähr einen Monat später hervorschieben als in den Tälern, deren Sohle etwa eine Seehöhe von 600 m aufweist, so sollte man erwarten, daß dieser Verspätung der Entwicklung auch eine Verspätung des Abschlusses der Jahresarbeit entsprechen und der Laubfall an der oberen Waldgrenze um einen Monat

hinausgeschoben würde. Aber weit gefehlt. Derselbe Lärchenbaum, welcher hoch oben am Bergabhang um einen Monat später grün geworden ist, wird dort im Herbst um einen Monat früher gelb, und wenn die Heidelbeergebüsche in der Talsohle noch mit dunkelgrünen Blättern geschmückt sind, leuchten die Gebüsch derselben Art aus den Lichtungen der Waldstreifen an der oberen Holzgrenze schon in tiefen Purpur gefüllt ins Tal herab. Ihre Blätter haben sich oben bereits verfärbt und lösen sich welkend von den Zweigen ab. Die Erklärung dieser Erscheinungen ergibt sich von selbst. In hohen Gebirgslagen, wo die hochstämmigen Bäume ihre obere Grenze finden, ist der Boden schon Ende August nicht selten mit Reif bedeckt; in der ersten Hälfte des Septembers fällt regelmäßig schon Neuschnee, und wenn dieser an den sonnigen Stellen auch wieder abschmilzt, so wird doch durch das Schneewasser der Boden tüchtig abgekühlt; die Länge der Tage nimmt zudem rasch ab, und die Sonnenstrahlen vermögen die Wärme, welche in den länger gewordenen Nächten durch Strahlung verloren geht, nicht mehr zu ersetzen. So sinkt die Temperatur des Erdbodens, in der die Pflanzen wurzeln, in jenen Höhen rasch, und die nächste Folge davon ist die Arbeitseinstellung der Wurzeln, die weitere das Verfärben, Welken und Abfallen der Laubblätter. Daher können sich an der oberen Baumgrenze nur solche Lärchenbäume und nur solche Heidelbeergebüsche erhalten, welche darauf eingerichtet sind, ihre jährliche Arbeit einen Monat später zu beginnen und einen Monat früher einzustellen als diejenigen, welche 1400 m tiefer sich angesiedelt haben.

Übrigens gilt das alles selbstverständlich nicht nur von den als Beispiel gewählten Lärchen und Heidelbeeren, sondern von allen anderen Pflanzen, deren Verbreitungsbezirk sich von der Niederung bis hinauf zur Holzgrenze an den Gehängen des Hochgebirges erstreckt. Es gilt weiterhin aber auch für diejenigen Gewächse, welche eine weite horizontale Verbreitung zeigen, die also beispielsweise von der Niederung am Nordfuße der Alpen bis hinab nach Unteritalien und selbst noch weiter südlich jenseits des Mittelmeeres wild wachsend oder kultiviert angetroffen werden. Wenn man im Herbst mit den Schwalben südwärts zieht, so wird man die Buchen und Kiefern, welche sich am Nordfuße der Alpen bei Wien Anfang Oktober verfärben, auf den Bergen Madeiras nicht einmal Anfang November verfärbt finden, und man kann die Platanen über dem schon durch nächtliche Reife erkälteten Boden im nordtirolischen Inntale bei Innsbruck mit entblätterten Zweigen, an den milden Ufern des Gardasees am Südfuße der Alpen zwar noch belaubt, aber doch schon mit vergilbenden Blättern und in Palermo noch mit grünem dunkeln Laube geschmückt sehen. Ja, in Griechenland erhält sich die Platane in einzelnen Exemplaren den ganzen Winter hindurch grün, und es ist insofern auch keine Fabel, wenn Plinius von immergrünen Platanen erzählt. Auch die Zentifolien, welche nordwärts der Alpen mit Beginn des Winters ihr Laub verlieren, bleiben in Athen und selbst in Rom den ganzen Winter über grün. Ebenso ist der Flieder, der im Norden zu den sommergrünen Pflanzen zählt, in Poti am Schwarzen Meere den ganzen Winter hindurch grün belaubt. In den Dasen des nordafrikanischen Wüstengebietes behält sogar der Pfirsichbaum von der einen Vegetationsperiode zur anderen sein Laub frisch und grün, und während die Blüten dieses Baumes im mittleren und südlichen Europa an Zweigen sich entfalten, welche im Herbst des vorhergegangenen Jahres ihr Laub verloren haben, kommen in den genannten Dasen die Blüten zwischen den noch grünen Blättern der früheren Vegetationsperiode zum Vorschein. Daß es auch dabei wieder auf die Temperatur und Feuchtigkeit des Erdreiches ankommt, und daß jene Platanen und Pfirsichbäume ihr Laub am spätesten abwerfen, deren Wurzeln auch im Spätherbst und Winter in einem feuchten und relativ

warmen Boden eingebettet sind, darf als wohlbegründet angenommen werden. Einen der besten Belege dafür, daß diese Auffassung die richtige ist, bietet wohl die Mulde nächst der Solfatara bei Neapel, wo der Boden jahraus, jahrein warm ist und auch der Feuchtigkeit nicht entbehrt. Unter dem Buschwerke verschiedener südlicher Sträucher mit immergrünem Laube stehen dort auch, durch fortwährendes Verstümmeln niedrig gehalten, einige Exemplare der gewöhnlichen Stieleiche (*Quercus pedunculata*). Im mittleren Europa und auch noch südwärts der Alpen, wie z. B. in dem großen Eichenwalde bei Montona in Istrien, verfärbt sich das Laub dieser Eichenart im Spätherbst; ein Teil desselben fällt schon mit Beginn des Winters von den Zweigen, der andere bleibt zwar zunächst noch hängen, wird aber braun und dürr und löst sich nach Ablauf des Winters ab. An den Zweigen der erwähnten Eichen im warmen Boden nächst der Solfatara aber haftet noch Ende April das Laub des verflossenen Jahres grün und fest an den Zweigen, obgleich bereits neues Laub aus den Knospen hervorzubrechen beginnt.

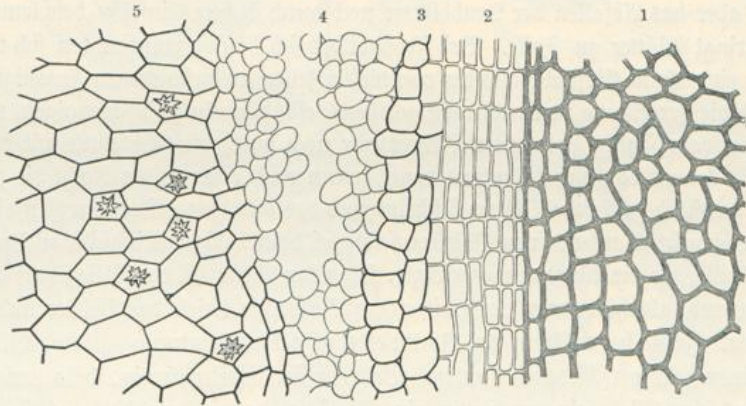
Aus alledem geht wohl unzweifelhaft hervor, daß das Abwerfen des Laubes mit dem Nachlassen des Transpirationsstromes zusammenhängt. Die Pflanzen, welche sich ihres Laubes entledigen, verlieren damit allerdings viel organische Substanz, an deren Erzeugung sie monatelang gearbeitet haben; aber dieser Verlust steht in gar keinem Verhältnis zu den Vorteilen, welche für sie das Abwerfen des Laubes mit sich bringt. Das, was abgeworfen wird, ist eigentlich doch nur ein Fächerwerk von ausgeleerten Zellen, die tote Hülle des lebendigen Teiles der Pflanze. Die abgeworfenen Blätter fallen zu Boden, verwehen und tragen zur Bildung von Dammerde bei, welche der Nachkommenschaft der laubabwerfenden Pflanzen zugute kommt.

Endlich ist auch noch zu bedenken, daß nur Pflanzen, deren Laub platt dem Boden aufliegt, oder solche, deren Blätter nadelförmig und deren Äste und Zweige sehr elastisch sind, wie die Legföhre, durch Schneedruck keinen Schaden leiden. Bäume, Sträucher und Stauden mit breit angelegten Flachblättern, wie Platanen, Ahorne, Linden, Buchen und Rüstern, sind nicht imstande, die Last des auf den großen Blattflächen angelegten Schnees zu tragen. Wenn ausnahmsweise einmal zeitig im Herbst, bevor noch der Laubfall begonnen, Berg und Tal eingeschneit werden, oder wenn im Spätfrühlinge, nachdem die jungen neuen Blätter schon eine ziemliche Flächenentwicklung erreicht haben, zum Schrecken des Landwirtes auf Feld und Wald dichter Schnee fällt, so sind die dadurch angerichteten Verheerungen ganz entsetzlich: die großblättrigen Stauden sind niedergedrückt und ihre Stengel geknickt, armsdicke Äste und mächtige Stämme der Bäume werden gesplittert, und in den Laubwäldern kann man ganze Reihen von Ahornen und Buchen zu Boden gestreckt, ja selbst entwurzelt sehen. Solche Verheerungen müßten aber in Gegenden mit schneereichem Winter in jedem Jahre wiederkehren, wenn dort die Laubhölzer ihre Blätter nicht rechtzeitig abwerfen würden, und man kann sich leicht ausmalen, wie es dort nach einer Reihe von solchen Katastrophen mit dem Laubwalde aussehen müßte.

Einer weitverbreiteten Meinung zufolge soll der herbstliche Laubfall durch den Frost veranlaßt werden. Diese Meinung stützt sich auf die Beobachtung, daß dort, wo im Oktober und November die Temperatur unter den Nullpunkt sinkt, in den Frühstunden nach hellen, kalten Nächten das Laub massenhaft von den Zweigen fällt. Daß der Frost mit dem Laubfall in irgendeinem Zusammenhange steht, kann demnach kaum bestritten werden; daß er aber nicht die unmittelbare Veranlassung ist, geht daraus hervor, daß der Laubfall nicht sofort

eintritt, wenn Pflanzen mit beblätterten Zweigen schon Ende August oder Anfang September einer Temperatur unter Null ausgesetzt werden, und andererseits auch daraus, daß das Laub der Linden, Rüstern, Ahorne, Kirschbäume usw. schließlich auch dann abgeworfen wird, wenn im Herbst gar keine Fröste eintreten. Man könnte daher, wie schon früher erwähnt wurde, nur sagen, daß der Frost den Laubfall begünstigt, daß er dessen Eintritt beschleunigt, nimmermehr aber, daß das Ablösen der Blätter nur durch ihn bewirkt wird.

Tatsächlich erfolgt das Ablösen der Blätter von den Zweigen durch die Ausbildung einer eigentümlichen Zellschicht, durch das Entstehen eines besonderen Gewebes, das man die Trennungsschicht genannt hat. Ohne vorhergegangene Ausbildung dieses Gewebes könnten sich die Blätter überhaupt nicht ablösen, auch dann nicht, wenn sie längere Zeit sehr niedriger Temperatur ausgesetzt und die Säfte in ihren



Längsschnitt durch die herbstliche Trennungsschicht des Blattes der Nößkastanie (*Aesculus Hippocastanum*): 1 Rindparenchym des Zweiges, 2 Korkschicht, 3 und 5 Blattstielparenchym, 4 Trennungsschicht. (Aus F. Schwarz, Forstliche Botanik, Berl. 1892.)

Zellen und Gefäßen zu Eis erstarrt sein sollten. Gerade jener Teil der Blätter, in welchem die Ablösung erfolgen soll, besteht aus festen, zähen Geweben, zu deren vollständiger Zerreißung die durch den Frost veranlaßten mechanischen Veränderungen nicht ausreichen. Die Trennungsschicht dagegen, welche sich im Bereiche dieser Gewebe an einer oder an mehreren beschränkten Stellen des Blattes bildet, besteht aus saftreichen Parenchymzellen (s. obenstehende Abbildung), deren Wände so gebaut sind, daß ihr Verband sowohl durch mechanische als durch chemische Einflüsse leicht gelöst wird und ein Zerfallen des Zellgewebes stattfinden kann. Die Anregung zur Entstehung der Trennungsschicht wird gewiß sehr häufig durch die Beschränkung der Transpiration gegeben, in jenen Gegenden, welche einem kalten Winter entgegensehen, durch die allmähliche Abkühlung des Bodens und die Einstellung der Saugtätigkeit der Wurzeln. Sobald die Transpiration nachläßt, was den vorhergehenden Erörterungen zufolge nach der geographischen Breite und der Seehöhe des betreffenden Gebietes sehr verschieden ist, entstehen am Grunde der Blätter und Blättchen in vielen Fällen Schichten von Korkgewebe, aber außerdem Schichten zartwandiger Zellen, die sich durch Teilung rasch vermehren und schon nach kurzer Zeit einen Wulst bilden, der sich durch seine hellere Färbung und auch dadurch, daß er etwas durchscheinend ist, von dem derben älteren Gewebe unterscheidet. Regelmäßig entsteht dieser Wulst am Stiele des Blattes, und zwar



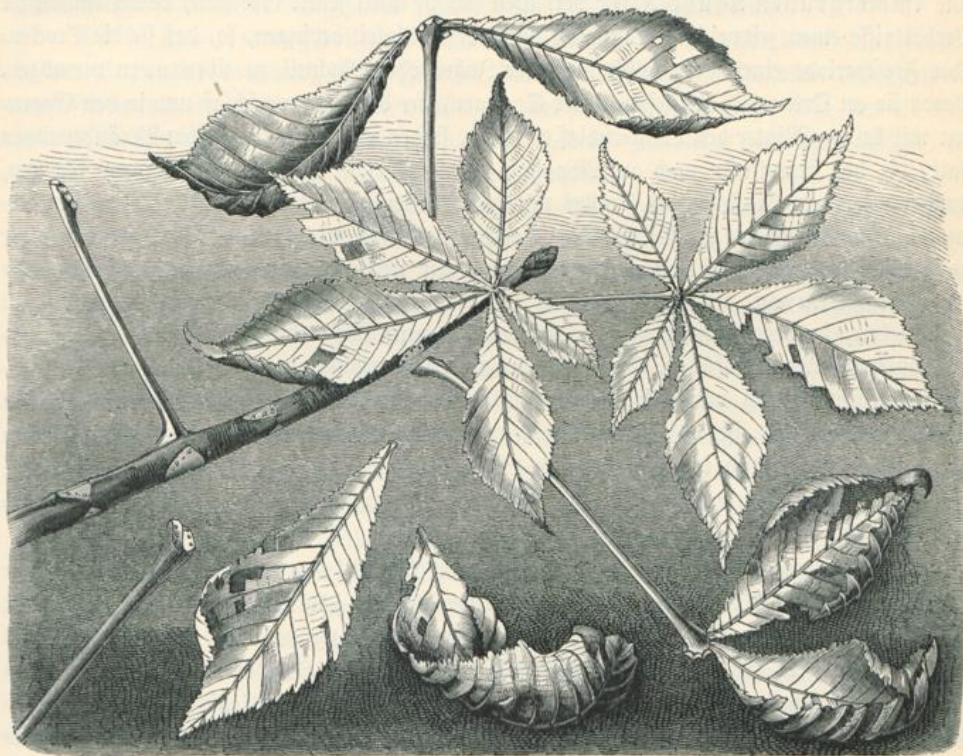
an jenen Stellen, wo die Gefäßbündel, die aus dem Zweig in die Blattfläche übergehen und sich in dieser als Rippen und Adern verteilen, eine Verengerung erfahren. Gerade an dieser Stelle schaltet sich das wuchernde Gewebe ein, drängt und zerrt die anderen älteren Zellen förmlich auseinander und kann selbst eine Zerreiſung derselben veranlassen. Hat dann die Trennungsschicht einmal die entsprechende Dicke erreicht, so heben sich deren zartwandige Zellen voneinander ab, ohne daß dabei ihre Membranen irgendwie verletzt oder zerrissen werden. Durch chemische Veränderungen werden die Zellen voneinander gelöst und dadurch ihr Verband in dem Gewebe der Trennungsschicht aufgehoben. Der unbedeutendste Anlaß kann nun eine Zerklüftung des gelockerten Gewebes, ein Auseinanderweichen der Zellen in der Trennungsschicht herbeiführen, und wenn kein weiterer Anstoß von außen erfolgt, so findet die Ablösung schließlich von selbst statt, indem schon das Gewicht des Blattes hinreicht, um seine vollständige Abtrennung zu bewerkstelligen. In der Regel wird aber das Abfallen der Laubblätter noch durch äußere Einflüsse beschleunigt. Jeder Windstoß bringt Blätter zu Falle. Bei Frost bildet sich häufig zwischen den sich trennenden Zellschichten eine dünne Eisplatte aus der von diesen Zellen ausgeschiedenen Feuchtigkeit. Diese vermag auch die Zerreiſung von noch nicht gelösten Gefäßbündeln zu beschleunigen, und endlich sind die schon vom Zweige getrennten Blätter nur noch durch diese Eisplatte mit dem Zweige verklebt. So kommt es, daß besonders dann, wenn nach einer kalten Nacht die aufgehende Sonne die herbstlich gefärbten Blätter bescheint und das aus dem gefrorenen Zellsaft gebildete Eisplättchen schmilzt, Tausende von Blättern selbst bei vollständiger Windstille zu Boden fallen.

Die Stelle, wo die Abtrennung erfolgte, ist in der Mehrzahl der Fälle scharf abgegrenzt, und es sieht aus, als hätte man dort mit einem Messer die Stiele der Blätter und Blättchen durchgeschnitten. Je nach der Form des Blattstieles zeigt die Abtrennungsschicht, Blattnarbe genannt, einen sehr verschiedenen Umriß. Bald ist sie hufeisenförmig, bald dreieckig, bald rundlich, das eine Mal erinnert sie an ein Kleeblatt, das andere Mal hat sie eine ringförmige Gestalt. Der Stiel der Platanenblätter bildet an der Basis einen Hohlkegel, der die Hülle einer Knospe darstellt; beim Ablösen entsteht dann ein Spalt, der rings um den ganzen Hohlkegel geht. An den Blättern der Weinrebe bilden sich zwei Trennungsschichten aus, die eine dicht über dem Stamme der Rebe an der Basis des Blattstieles, die andere am oberen Ende des Blattstieles unmittelbar unter der Blattspreite. An den handförmigen Blättern der Rosskastanie und der Zaunrebe (*Ampelopsis*), an den zusammengefügten Blättern der Federbusch-Spierstaude (*Spiraea Aruncus*), an dem gefiederten Blatte des chinesischen Götterbaumes (*Ailanthus glandulosa*) und dem doppelt gefiederten Blatte des nordamerikanischen *Gymnocladus Canadensis* entsteht unter jedem Teilblättchen eine besondere kleine und an der Basis des Blattstieles überdies eine große Trennungsschicht. Solche aus mehreren Teilblättchen zusammengesetzte Blätter fallen bei einem Anstoße von außen wie Kartenhäuser zusammen, und unter den betreffenden Bäumen liegt dann im Spätherbst ein wirres Hauswerk von Blättchen und Blattstielen, welche letztere bald langen Gerten (wie z. B. bei dem Götterbaum und dem *Gymnocladus*), bald Röhrenknochen (wie bei den Rosskastanien) ähnlich sehen (s. Abbildung S. 279). Manchmal lagert sich die Trennungsschicht so in den Stiel des Blattes ein, daß nach erfolgter Ablösung ein kleiner Teil des Stieles am Zweige zurückbleibt. So verhält es sich z. B. an dem Pfeifenstrauche (*Philadelphus*), wo der zurückbleibende Teil in Gestalt einer Schuppe die über dem Blattstiel angelegte Knospe zu schützen hat.

Bei einigen Bäumen und Sträuchern erfolgt die Ablösung der Blätter ungemein rasch,

bei anderen nur sehr allmählich. An dem japanischen Ginkgo (*Gingko biloba*) vollzieht sich die Ablösung der Blätter innerhalb weniger Tage, bei den Hainbuchen und Eichen erstreckt sie sich über mehrere Wochen, ja an diesen Bäumen wird häufig nur ein Teil der abgestorbenen Blätter im Herbst, der andere erst nach Ablauf des Winters abgeworfen.

Erwähnenswert ist auch, daß bei einigen Bäumen die Ablösung des Laubes an der Spitze der Zweige beginnt und von dort allmählich gegen die Basis zu fortschreitet, während wieder bei anderen das Umgekehrte der Fall ist. Bei den Eichen, Haseln, Rot- und Hainbuchen ist das obere Ende der Zweige jedesmal schon der Blätter beraubt, wenn die untere



Laubfall der Roßkastanie (*Aesculus Hippocastanum*). (Zu S. 278.)

Hälfte derselben noch festhängende Blätter trägt; bei den Linden, Weiden, Pappelbäumen und Birnbäumen dagegen sieht man die Zweige schon sehr zeitig im Herbst unten blattlos werden und die Entlaubung nach oben zu fortschreiten; an den äußersten Zweigspitzen bleiben gewöhnlich noch einige Blätter lange hartnäckig sitzen, bis auch sie beim Anpralle des ersten Schneesturmes fortgewirbelt werden.

Bei vielen Pflanzen, besonders bei den Bäumen und Sträuchern, geht dem Laubfall die herbstliche Färbung der Blätter voraus, welche ihren großen ästhetischen Reiz auf jeden Menschen ausübt, da viele Pflanzen einen roten oder violetten Farbstoff erzeugen, den man Anthofyan genannt hat, weil er auch in ähnlich gefärbten Blüten vorkommt.

In prächtiger Weise kommt es bei vielen Pflanzen zur Ausbildung von Anthofyan, wenn die Laubblätter wegen beginnender Trockenheit des Bodens oder noch mehr wegen

eintretender Kälte und dadurch behinderter Zufuhr des rohen Nahrungsstoffes ihre Funktion zeitweilig einzustellen genötigt sind. Um diese Anthokyanbildung und alles, was damit zusammenhängt, schildern zu können, ist es notwendig, etwas auszuholen und hier vorerst die Stoffwanderungen und Stoffwandlungen, welche mit der Einstellung der Tätigkeit in den grünen Laubblättern am Schlusse der Vegetationsperiode verbunden sind, zu besprechen. Dieselben sind wesentlich verschieden, je nachdem die Laubblätter einer Pflanze nur durch eine oder mehrere Vegetationsperioden funktionieren, also je nachdem die Blätter nur sommergrün, d. h. einjährig, oder immergrün, d. h. mehrjährig sind. Die immergrünen Laubblätter verhalten sich in allen jenen Gebieten, deren klimatische Verhältnisse einen zeitweiligen Stillstand der Lebenstätigkeit bedingen, so, daß sie die Trocken- oder Frostperiode eines oder selbst mehrerer Jahre ohne Nachteil zu überdauern vermögen. Bevor sie an Orten mit ausgesprochener Sommerdürre den Sommerschlaf und in den Gegenden mit kaltem Winter den Winterschlaf antreten, finden aber in ihren Zellen Veränderungen statt, die der Hauptsache nach auf Abnahme des Wassergehaltes und Bildung von Stoffen, welche unter dem Einflusse des Frostes und der Trockenheit nicht verändert werden, hinauslaufen. In Gegenden, wo Winterschlaf eintritt, nehmen die Chlorophyllkörper eine gelblichbraune oder braunrote Färbung an und ballen sich in größere oder kleinere Klumpen, welche sich von der Oberfläche des betreffenden Blattes möglichst weit zurückziehen, in den Palisadenzellen gleichsam bis zum Boden derselben hinabwandern und ihre unteren Enden ausfüllen. Außerlich treten diese Veränderungen an den für die winterliche Ruheperiode sich vorbereitenden mehrjährigen Laubblättern nur wenig hervor; das einzige, was auffällt, ist, daß die im Sommer lebhaft grünen Blätter nun ein düsteres Grün zeigen oder einen Stich ins Braune oder Gelbe bekommen, eine Farbenwandlung, die am auffallendsten bei Thuja, Cryptomeria, Sequoia, Chamaecyparis, Libocedrus und überhaupt bei den meisten immergrünen Nadelhölzern eintritt.

Viel tiefgreifender und augenfälliger sind die Wandlungen, welche sich vor Eintritt der Winterkälte in den sommergrünen Laubblättern vollziehen. Wenn alle die Stoffe in dem Gewebe der Laubblätter, deren Herstellung doch ein gutes Stück Arbeit war, verloren sein sollten, so wäre das sehr unökonomisch. In der That ist einem solchen Verluste vorgebeugt. Ehe die Laubblätter sich ablösen, werden Kohlenhydrate und Eiweißstoffe, überhaupt alles, was für die Pflanze noch Wert hat, aus den Laubblattflächen in die holzigen Zweige oder in die unterirdischen Wurzelstöcke, Zwiebeln usw. geleitet und dort an Stellen abgelagert, wo sie einen gesicherten Ruheplatz finden und die Dürre des Sommers oder die Kälte des Winters unbeschadet überdauern können. Auf diese Weise erleidet der betreffende Pflanzenstock die geringste Einbuße an den von ihm in der abgelaufenen Vegetationsperiode erzeugten Stoffen; denn die Blätter, aus denen alles, was für die Pflanze noch wertvoll war, in die Stammbildungen übertragen wurde, bilden dann nichts weiter als ein totes Gerüst und enthalten in ihren Zellkammern nur noch kleine, gelbe Körnchen sowie Kristalle und Kristallgruppen von oxalsaurem Kalk, namentlich die auf S. 288 abgebildeten Raphiden. Die gelben, glänzenden Körnchen, die man in den Zellkammern der abfallenden Blätter findet, und welche die Gelbfärbung des Herbstlaubens veranlassen, sind als die letzten, nicht weiter brauchbaren Reste der umgewandelten und dann ausgewanderten Chlorophyllkörper anzusehen, und die Kristalle aus oxalsaurem Kalk sind seinerzeit im Stoffwechsel entstanden. Das eine wie das andere kann geopfert werden. Ja, es ist eigentlich gar kein

Opfer, wenn auf diese Gebilde verzichtet wird, da sie nur überflüssiger Ballast sind, der unter Umständen die Pflanze in ihrer nächstjährigen Tätigkeit sogar hindern könnte, und dessen sie sich daher am besten rechtzeitig entledigt. Insofern kann man den Laubfall auch als eine Ausscheidung überflüssig gewordener Stoffe auffassen, die sich bei den sommergrünen Pflanzen alljährlich nur einmal, aber dann in großem Maßstabe, vollzieht. Zu dem Vorteile, den diese Massenauscheidung der bei der Stoffwandlung gebildeten Abfälle den Pflanzen bietet, kommt noch, daß das abgefallene Laub mit seinem Reichtum an Kalk auf den Boden gelangt, dort verwest, zur Bildung von Humus und salpeterfaurem Kalk beiträgt und so noch für die gesamte Pflanzenwelt nutzbar gemacht wird.

Die Auswanderung der noch verwendbaren Stoffe aus den Laubblattflächen in die Vorratskammern, in die Zweige, Stämme, Wurzelstöcke, Knollen und Zwiebeln, muß sich in der Regel ziemlich rasch vollziehen, am schnellsten jedenfalls dort, wo die Vegetationszeit kurz ist, wo die Blätter die günstige Zeit bis zur Reife ausnutzen müssen, und wo der Wechsel der Jahreszeiten fast unvermittelt eintritt.

Der Weg, den die aus den Laubblättern in die Vorratskammern der Stengelgebilde überfiedelnden Stoffe einschlagen, ist im allgemeinen derselbe wie bei der Ableitung der in den Blättern erzeugten Kohlenhydrate und Eiweißstoffe. So wie aber schon zur Zeit der lebhaftesten Tätigkeit in den Laubblättern in der einen Art diese, in der anderen Art jene Nebenprodukte des Stoffwechsels gebildet werden, ebenso entstehen auch bei der Auswanderung am Schlusse der Vegetationszeit in den verschiedenen Arten wieder verschiedene Substanzen als Ausscheidungsstoffe. In vielen Fällen sind diese Stoffe farblos und treten dann, selbst für den Fall, daß sie in großer Menge ausgebildet sind, für unser Auge nicht erkennbar hervor. Man sieht dann nur, daß die Blätter infolge der Umsezung, welche auch die Chlorophyllkörper zum Behufe der Auswanderung erfahren, ihr frisches Grün verlieren, und daß an Stelle der grünen Farbe ein gelber Farbenton zum Vorschein kommt. In manchen Blättern ist die Menge der durch Zusatz von Chlorophyll gebildeten gelben Körnchen so gering, daß auch der gelbe Farbenton kaum hervortritt, und solche Blätter erscheinen schmutzig gelblichweiß, vertrocknen sehr rasch und werden dann grau, braun oder schwarz.

In zahlreichen Pflanzen wird aber bei der Auswanderung der Kohlenhydrate und eiweißartigen Verbindungen Anthokyan erzeugt, und zwar in so großer Menge, daß es schon äußerlich deutlich sichtbar ist. Es erscheint in dem Zellsaft bei Gegenwart von Säuren, welche sich in den herbstlichen Blättern sehr regelmäßig einstellen, rot, bei Abwesenheit der Säuren blau und, wenn die Menge der freien Säuren sehr gering ist, violett. Finden sich neben dem angesäuerten roten Anthokyan auch reichlich gelbe Körnchen, so wird das betreffende Blatt orangefarben. So wandelt sich die grüne Farbe des Laubes zur Zeit der großen herbstlichen Stoffauswanderung bald in Gelb, bald in Braun, bald in Rot, Violett und Orange, und es entsteht dadurch zu dieser Zeit ein Farbenspiel, das desto mannigfaltiger ist, je zahlreicher die Pflanzenarten sind, welche an einem Ort in gefelligem Verbande vorkommen. Am farbenreichsten aber gestaltet sich ein solcher Bestand, wenn ihm auch noch Gewächse mit immergrünen Blättern eingesprengt sind; Flur und Wald können dann auf verhältnismäßig beschränktem Raume mit allen Farben des Regenbogens in der mannigfaltigsten Abwechslung geschmückt erscheinen.

Die Farbenpracht, welche tropische Wälder zeigen, und die man sich meistens weit großartiger vorstellt, als sie in Wirklichkeit ist, hält gar keinen Vergleich aus mit jener, welche

sich in der nördlich gemäßigten Zone im Herbst entfaltet. Die aus Nadelhölzern und Laubhölzern gemischten Waldbestände an den Bergabhängen längs des Rheines und der Donau in Europa und die Ufergelände der Kanadischen Seen in Nordamerika bieten dann ein Schauspiel von entzückender Schönheit. Die Höhen längs des Mittellaufes der Donau, also beispielsweise in dem Abschnitte, welcher unter dem Namen Wachau bekannt ist, tragen weite, ausgedehnte Waldbestände, an deren Zusammensetzung Buchen, Hainbuchen, Steineichen, Feld- und Spitzahorne, Birken, wilde Kirshbäume und Birnbäume, Vogelbeer- und Atlasbeerbäume, Espen, Linden, Kiefern, Fichten und Tannen in reichster Abwechslung beteiligt sind. Als Unterholz und am Saume der Waldbestände erheben sich noch Gebüsche von Sauerdorn, Hartriegel, Kornelkirsche, Spindelbaum, Zwergweichsel, Schlehdorn, Wacholder und noch viel anderes niederes Strauchwerk. Die Berglehnen, welche sich gegen den Talboden absenken, sind mit Weinreben bepflanzt, und in den Weinbergen werden Pfirsich- und Aprikosenbäumchen in großer Zahl gezogen. In den Auen am Strand und auf den Inseln des Donaustromes erheben sich mächtige Silberpappeln und Schwarzpappeln, Rüstern, Weiden, Erlen und auch eingesprengt sehr häufig Bäume der Ahlkirsche. Gegen Mitte des Oktobers werden dort die Nächte schon bitterkalt, feuchte Nebel wallen über dem Strom, und Reif bedeckt die grasigen Plätze der Talsohle. Tagüber aber herrscht noch milde Wärme, die Morgennebel sind unter den Strahlen der Sonne zerronnen, ein wolkenloser Himmel spannt sich über die Landschaft, und laue Lüfte, in welchen die weißen Fäden der Wanderspinnen schweben, ziehen von Osten her durch das Stromtal. Die ersten Reife sind das Signal für den Beginn der Weinlese; auf dem mit Reben beplanten Gelände wird es lebendig, und der Ruf des Winzers schallt von Hügel zu Hügel. Sie sind aber auch das Signal für die Verfärbung der Waldbestände auf den Berghöhen und in den Auen.

Welcher Reichtum der Farben ist da entfaltet! Die Kronen der Kiefern bläulichgrün, die schlanken Wipfel der Fichten schwarzgrün, das Laub der Hainbuchen, Ahorne und weißstämmigen Birken hellgelb, die Eichen bräunlichgelb, die mit Buchen bestockten breiten Waldstreifen in allen Abstufungen von Gelbrot zu Braunrot, die Kirsch- und Vogelbeerbäume, die Zwergweichsel und die Sträucher des Sauerdornes scharlachrot, die Ahlkirschen- und Atlasbeerbäume purpurn, der Hartriegel und Spindelbaum violett, die Espen orange, die Silberpappel und die Silberweiden weiß und grau, die Erlen trübe braungrün. Und alle diese Farben sind in der mannigfaltigsten und anmutigsten Weise verteilt, hier erscheinen dunklere Flächen, von hellen, breiten Bändern und schmalen, gewundenen Streifen durchzogen, dort ist der Waldbestand gleichmäßig gesprenkelt, dort wieder leuchtet auf grünem Grund die Feuergarbe eines einzelnen Kirschbaumes oder die Krone einer in den Föhrenbestand eingesprengten einzelnen goldgelb schimmernden Birke auf. Diese Farbenpracht dauert freilich nur kurze Zeit. Ende Oktober stellen sich die ersten Fröste ein, und wenn dann der Nordwind über die Berghöhen braust, wird all das rote, violette, gelbe und braune Laub von den Zweigen geschüttelt, im bunten Wirbel über den Boden hingetrieben und längs der Hecken und Windsfänge zusammengeweht. Nach wenigen Tagen erhält die den Boden bedeckende Laubschicht einen einförmigen braunen Farbenton, und wieder nach einigen Tagen ist sie unter der Schneedecke des Winters begraben.

Bei weitem länger als in den mitteleuropäischen Waldlandschaften dauert die herbstliche Verfärbung des Laubes in jenem Teile des nordamerikanischen Waldgebietes, dessen Vegetation mit der eben geschilderten der Alten Welt die größte Ähnlichkeit besitzt, das ist in dem





Herbstliche Laubfärbung am Erie-See.  
Nach Aquarell von Ernst Heyn.

Gebiete des Lorengstromes und von den Kanadischen Seen bis her zu beiden Seiten des Alleghanygebirges nach Virginia und Kentucky. Auch dort ist das Land grün. Nadelholz mit sommergrünem Laubholz gemischt, und das Land zeigt sich reiches Laubholz in den Waldbeständen. In der Gegend von Erie sind die Bäume, welche die Gehölze zusammensetzen, Aesculus und Fraxinus, Betula, Populus, Salix, Fagus, Eben, Linden, Birken, Erle, Buche, Alburne, Ahorn, Eichen, Eber, Schmelz, und Kirsche, aber Nadelholz an der Spitze. Aber dort noch bei weitem größer als die Nadelholzzone in den Landschaften des Ufer des Erie's, von dems die Insel St. Catharines ist, die durch die Einfahrt am Erie's ein ähnliches Bild gibt, welches dazu in den nördlichen Gehölzen auch noch der Ahorn und Eiche (Rhus), Rhus in Gestalt der Rhus glabra, mehrere Baumarten, welche als Vianen in die höchsten Baumspitzen emporsteigen. Diese größere Mannigfaltigkeit der Arten veranlaßt im Herbst ein noch reicheres Farbenspiel, als in der nördlichen Landschaft. Das Verbleiben des sommergrünen Laubes beginnt in einem Alter schon Mitte September und erstreckt sich über mehr als einen Monat. In den letzten Blätter, welche sich im Herbst zeigen, ist die Rhus glabra, die Buche (Fagus ferruginea), welche sich in großer Menge findet, und die amerikanische Birken (Betula nigra) und die Eiche (Quercus prinus) sind die häufigsten Laubbäume, wie sie auch in den nördlichen Landschaften zu finden sind. In den nördlichen Seen in einer unvorstellbaren Menge. In den nördlichen Landschaften sind in ihrem nördlichen Laub alle Arten von Weib, Ahorn, Eiche, Buche, Erle, Kirsche, Nadelholz (Acer rubrum) hüllt sich in feigen Blättern, welche die Buche, die großdornigen Weibdornen, die Rhus glabra, die Rhus glabra, die Gifsumach (Rhus Toxicodendron) und die Eiche (Quercus prinus) sind, die in dem Gezweige der Bäume emporsteigen, und sich in dem Laub zeigen, und sich in brennenden Scharlach. In der Mitte des Herbstes zeigen sich die kanadische Tanne mit ihrem feinen Laub, und die Eiche (Quercus prinus) mit dem Bläulichgrün ihrer Nadelkronen. Die Eiche (Quercus prinus) ist an Arten entwickelt ist, und wo man sie findet, ist sie in großer Menge über tagen an den Blicken langsam vorüber, und die Eiche (Quercus prinus) der südlichen Ufer der Kanadischen Seen, die Eiche (Quercus prinus) und die Eiche (Quercus prinus) bilden, die an Farbenreichtum von keiner anderen Gattung übertrifft.

Selbstverständlich erstreckt sich die Vegetation nicht nur auf die genannten Bäume und Sträucher, sondern auch auf die Stauden und Kräuter. In den Waldlandschaften treten aber nur die größeren Holzgewächse hervor, und nur selten bilden sich die Stauden einen charakteristischen Zug im herbstlichen Bild. Anders gestaltet sich die Vegetation, wo hochstämmige Bäume vollständig fehlen, und wo gerade die aus dem Norden geduldeten Stauden die bedeutendste Rolle spielen, so namentlich im Gebiete der südlichen Flare und auf den Hochgebirgen, welche über die Baumgrenz weit emporragen. Unter diesen letzteren aber darne in betreff des herbstlichen Farbenwechsels der Pflanzendecke kann ein anderes mit den mitteleuropäischen Wäldern vergleichen können. Insbesondere sind es jene durch die große Mannigfaltigkeit ihrer Arten und des Reichthum an Beständen aus Gesträuch und Kräutern

1. Rhus glabra. — 2. Quercus prinus. — 3. Acer rubrum. — 4. Rhus Toxicodendron. — 5. Fagus ferruginea. — 6. Betula nigra. — 7. Quercus prinus.





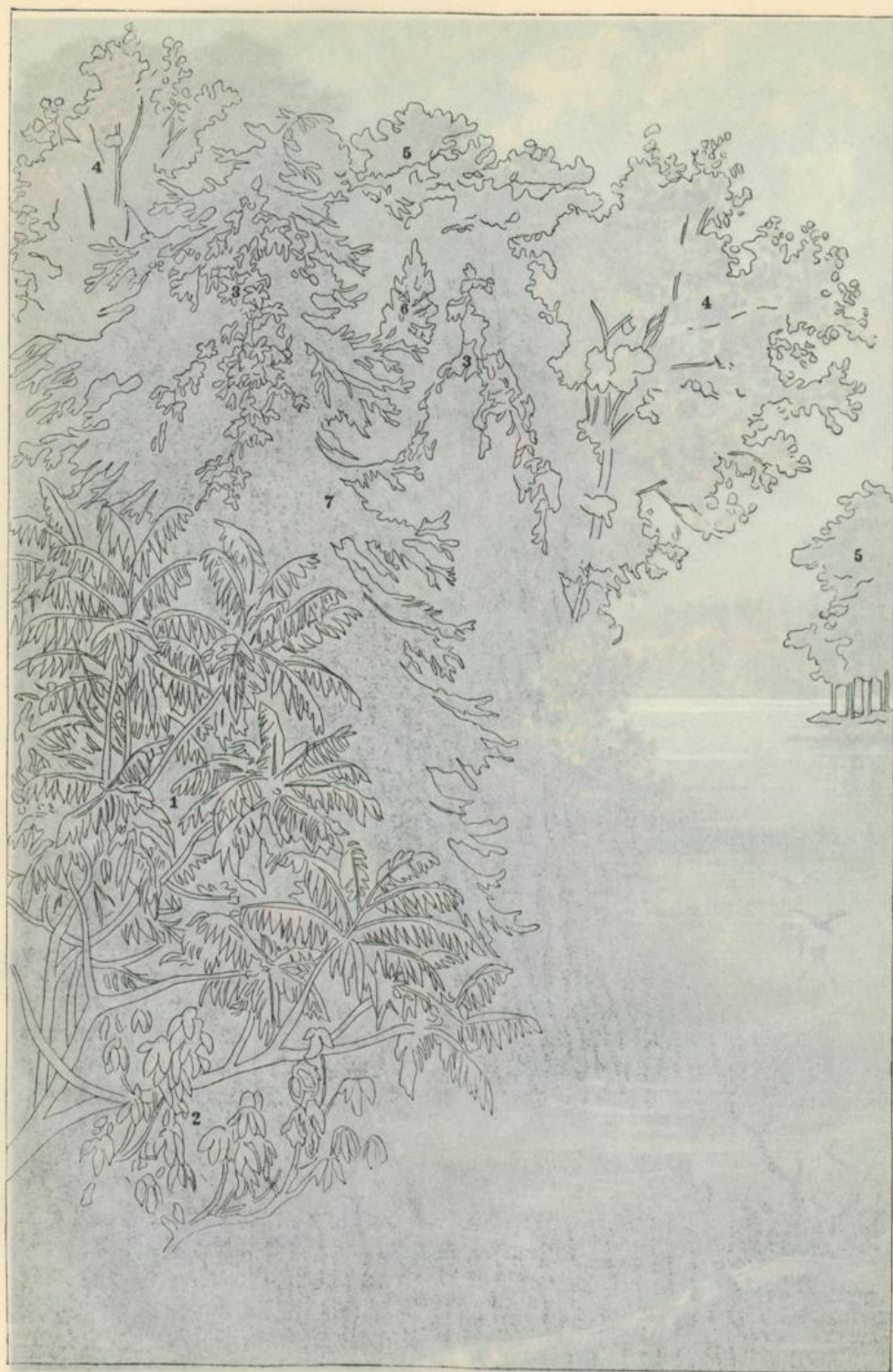
Herbflliche Laubfärbung am Erie-See.  
Roeh Aquarell von Ernst Heyn.

Gebiete des Lorenzstromes und von den Kanadischen Seen bis hinauf zu beiden Seiten des Alleghanygebirges nach Virginia und Kentucky. Auch dort ist weiches Nadelholz mit sommergrünem Laubholz gemischt, und auch dort macht sich reiches Unterholz an den Waldbeständen geltend. Zum Teil sind dies ähnliche Arten, welche die Gehäuzen zusammenfassen: Kiefern und Tanne, Fichte, Eichen, Linden, Birken, Erle, Kappeler, Ahorne, Weiden, Schneeballen, Haselnüsse, der Reichthum an Arten ist aber dort noch bei weitem größer als in Europa. In den Landschaften am Ufer des Erieses, von denen die vorstehende Tafel eine anschauliche Darstellung am Ufer des Erieses, ein aufwachtendes Bild ist, gelangt man in die ungeschlossenen Gehäuzen auch noch der Eiche und Eßkastanie (Rhus), der Gumpelbäume, die nördliche Hainbuche, mehrere Mahlnußbäume, Robinien, Gumpelbäume, Linden, Ahorn, Weiden, eine Art Arctostaphylos, welche die Tannen in den höchsten Bergwäldern ersetzt. Jede dieser Mannigfaltigkeit der Arten veranlaßt im Herbst ein noch reicheres Farbenspiel, als in den mitteleuropäischen Landschaften. Das Verfärben des sommergrünen Laubes beginnt im ersten Theile seiner schon Mitte September und erstreckt sich über mehr als einen Monat. Inzwischen der letzten Blätter gewöhnlich ist gegen Ende des Herbstes stattlicher. In der Mitte des Fagus ferrugineus sind sie in gar manchen Fällen schon im Herbst in die amerikanischen Arten, die in der Gegend von New York und New Jersey vorkommen, sind in den herbstlichen Laubblättern die europäische Hainbuche, die in den Gebieten der Kanadischen Seen in einer außerordentlich Mannigfaltigkeit an Arten entwickelt ist, und wo man sie in großer Menge findet, überlagert sie an den Blicken langsam vorüberziehende Wolken, die an den südlichen Ufer der Kanadischen Seen sich bilden, die an Farbenreichtum von keinem andern Gebiete zu überbieten.

Selbstverständlich erstreckt sich die herbstliche Färbung des Laubes nicht nur auf die genannten Bäume und Sträucher, sondern auch auf die niederen Stauden und Kräuter. In den Waldlandschaften treten besonders die kleineren der größeren Holzgewächse hervor, und nur selten bilden sich in denselben Gebieten einen charakteristischen Zug im herbstlichen Bild. Anders verhält es sich, wo hochstämmige Bäume vollständig fehlen, und wo gerade die aus der höchsten gebildeten Bestände die bedeutendste Rolle spielen, so namentlich im Gebiete der arktischen Flora und auf den Hochgebirgen, welche über die Baumgrenze weit emporragen. Unter diesen letzteren aber dürfte in betreff des herbstlichen Farbenwechsels der Pflanzendecke kaum ein anderes aus den mitteleuropäischen Alpen vorzutreten können. Insbesondere sind es jene durch die große Mannigfaltigkeit ihrer Flora und den Reichthum an Beständen aus Gräsern ausgedehnten Teile der Zentralalpen, in denen Schichten von Schiefer und Kalk abwechseln

1. Rhus typhina. 2. Rhus Toxicodendron. 3. Ampelopsis quinquefolia. 4. Kirschenbaum lucidus. 5. Pinus Strobus. 6. Taxus occidentalis. 7. Taxus canadensis.

[Zur Tafel: »Herbstliche Laubfärbung am Erie-See.«.]



Herbstliche Laubfärbung am Erie-See.

1. *Rhus typhina*. — 2. *Rhus Toxicodendron*. — 3. *Ampelopsis quinquefolia*. — 4. *Liriodendron tulipifera*. —  
5. *Pinus Strobus*. — 6. *Thuja occidentalis*. — 7. *Tsuga Canadensis*.

Gebiete des Lorenzstromes und von den Kanadischen Seen bis hinab zu beiden Seiten des Alleghanygebirges nach Virginia und Kentucky. Auch dort ist immergrünes Nadelholz mit sommergrünem Laubholze gemischt, und auch dort macht sich reiches Unterholz in den Waldbeständen breit. Zum Teil sind es auch ganz ähnliche Arten, welche die Gehölze zusammensetzen, Kiefern und Tannen, Buchen und Hainbuchen, Eichen, Eschen, Linden, Birken, Erlen, Pappeln, Ahorne, Ulmen, Weißdorn, Schneeball und Hartriegel; der Reichtum an Formen ist aber dort noch bei weitem größer als in Mitteleuropa. In den Landschaften am Ufer des Eriesees, von denen die hier beigeheftete Tafel „Herbstliche Laubfärbung am Eriesee“ ein anschauliches Bild gibt, gesellen sich zu den aufgezählten Gehölzen auch noch der Gifsumach und Eßigbaum (*Rhus*), der Tulpenbaum, die westliche Platane, mehrere Walnusbäume, Robinien, *Gymnocladus*, *Liquidambar* und insbesondere auch einige Ampelidazeen, welche als Lianen in die höchsten Baumwipfel emporklettern. Diese größere Mannigfaltigkeit der Arten veranlaßt im Herbst ein noch reicheres Farbenspiel als in den mitteleuropäischen Landschaften. Das Verfärben des sommergrünen Laubes beginnt an einigen Arten immer schon Mitte September und erstreckt sich über mehr als einen Monat, da das Abfallen der letzten Blätter gewöhnlich erst gegen Ende des Oktobers stattfindet. Die amerikanische Buche (*Fagus ferruginea*) verfärbt sich in ganz ähnlicher Weise wie die europäische, auch die amerikanischen Birken (*Betula nigra* und *B. papyracea*) zeigen dasselbe Goldgelb in ihren herbstlichen Laubblättern wie die europäischen Schwesterarten; aber die Eichen, die im Süden der Kanadischen Seen in einer außerordentlichen Mannigfaltigkeit von Arten gedeihen, zeigen in ihrem herbstlichen Laub alle Tinten von Gelb durch Orange zu Rot und Rotbraun; der rote Ahorn (*Acer rubrum*) hüllt sich in tiefen Purpur, der Tulpenbaum zeigt das hellste Gelb, die großdornigen Weißdorngebüsche, der Schneeball (*Viburnum Lentago*) und der Gifsumach (*Rhus Toxicodendron*) werden violett, der Eßigbaum (*Rhus typhina*) und die in dem Gezweige der Bäume emporklimmenden wilden Reben (*Vitis* und *Ampelopsis*) kleiden sich in brennenden Scharlach. In dieses bunte Gemenge von grellen Farben mengen sich die kanadische Tanne mit ihrem tiefen dunkeln Grün und die Weimutskiefer mit dem matten Bläulichgrün ihrer Nadelkronen. Wo solcher Mischwald mit seinem ganzen Reichtum an Arten entwickelt ist, und wo man Gelegenheit hat, denselben im milden Licht eines Septembertages an den Blicken langsam vorüberziehen zu sehen, wie z. B. bei einer Fahrt längs der südlichen Ufer der Kanadischen Seen, schwelgt das Auge an den wechselvollen Landschaftsbildern, die an Farbenreichtum von keiner anderen Waldlandschaft übertroffen werden.

Selbstverständlich erstreckt sich die herbstliche Verfärbung des sommergrünen Laubes nicht nur auf die genannten Bäume und Sträucher, sondern auch auf ausdauernde niedere Stauden und Kräuter. In den Waldlandschaften treten aber nur die massigen Formen der größeren Holzgewächse hervor, und nur selten bildet dort auch das niedere Gesträube einen charakteristischen Zug im herbstlichen Bild. Anders gestaltet sich die Sache dort, wo hochstämmige Bäume vollständig fehlen, und wo gerade die aus niederen Gewächsen gebildeten Bestände die bedeutendste Rolle spielen, so namentlich im Gebiete der arktischen Flora und auf den Hochgebirgen, welche über die Baumgrenze weit emporragen. Unter diesen letzteren aber dürfte in betreff des herbstlichen Farbenwechsels der Pflanzendecke kaum ein anderes mit den mitteleuropäischen Alpen wetteifern können. Insbesondere sind es jene durch die große Mannigfaltigkeit ihrer Flora und den Reichtum an Beständen aus Eriksaen ausgezeichneten Teile der Zentralalpen, in denen Schichten von Schiefer und Kalk abwechseln

oder aneinander grenzen, wo das hier geschilderte Schauspiel mit einer Pracht vorüberzieht, von der sich die sommerlichen Besucher und Bewunderer der Alpenwelt kaum eine annähernde Vorstellung zu machen imstande sind. Der Beginn des Schauspieles ist schwer festzustellen und ändert sich von Jahr zu Jahr je nach den gerade herrschenden Verhältnissen der Wärme und Feuchtigkeit. Wenn bereits gegen Ende August Neuschnee mehrere Tage auf den Gehängen über der Holzgrenze liegen bleibt, so tritt die Verfärbung schon um diese Zeit ein; wenn aber, was der häufigere Fall ist, erst um die Mitte des Septembers ein Wettersturz das Hochgebirge in einen weißen Schneemantel kleidet, in der zweiten Hälfte dieses Monats der Neuschnee wieder abschmilzt und sich dann wochenlang ein spiegelklarer Himmel über dem Hochgebirge wölbt, so ist auch der herbstliche Farbenwechsel um so viel länger hinausgeschoben. Unten in den Talgründen, welche wegen des tieferen Standes der Sonne auf weite Strecken schon im Schatten liegen, bleibt der Boden ununterbrochen weiß bereift, während oben auf den südlich abdachenden Bergeshöhen mit dem ersten Sonnenblick auch der nächtliche Reif schwindet und tagsüber milde Lüfte über die Gehänge wehen. Schneehühner sowie Schwärme der über die Alpenpässe ziehenden, hier zu kurzer Rast weilenden Wandervogel sind geschäftig, die Beeren von dem in großer Zahl die Galden überziehenden niederen Strauchwerk abzuspicken; die Falter aber, welche im Sommer um die großen Alpenblumen so geschäftig waren, sind verschwunden; hier und da erheben sich noch einzelne bleiche Skabiosen und die dunklen Ähren des spät blühenden norwegischen Ruhrkrautes, alles übrige ist aber schon in Frucht übergegangen, und der Blütenreigen ist abgeschlossen. Und dennoch machen die Gehänge jetzt den Eindruck sommerlicher Fluren, die mit ungezählten Blüten geschmückt sind. Das sommergrüne Laub der niederen Stauden und Kräuter und insbesondere der verzweigten, buschigen und teppichbildenden Sträucher, aus dem die Auswanderung der Stoffe in die holzigen Zweige und in die unterirdischen Stengelbildungen erfolgt, gewinnt eben während dieser kurzen Zeit rote, violette und gelbe Farbtöne, welche den lebhaftesten Blumenfarben an Schmelz und Leuchtkraft nicht nachstehen. Am auffallendsten treten die sommergrünen Heidelbeergewächse und eine Art der Bärentrauben hervor. Während die Blätter der Moosbeere (*Vaccinium uliginosum*) einen violetten Farbenton annehmen, kleiden sich die der Heidelbeergebüsche in tiefes Rot und jene der Alpenbärentraube (*Arctostaphylos alpina*) in weithin sichtbaren Scharlach. Die herbstlich gefärbten Blätter dieser letzteren Pflanze zeigen überhaupt das schönste Rot, das an irgendeinem Laubwerk im Herbst beobachtet wird, noch viel feuriger als jenes der nordamerikanischen Neben und des Essigbaumes (*Rhus typhina*), und wenn das Laub dieser Bärentraube auf einem Berggrate von den schief einfallenden Sonnenstrahlen durchleuchtet wird, so glaubt der tiefer untenstehende Beobachter rote Flammen aus dem Boden hervorzüngeln zu sehen. Auch die Blätter zahlreicher nicht holziger Gewächse, so namentlich der alpinen Geranien und des Alpenhabichtskrautes, färben sich vor dem Welken am Saum und längs der Nerven oder auch über die ganze Fläche und nehmen sich von fern wie rote, violette und scheckige Blüten aus. Die Alpenweiden dagegen, zumal die teppichbildende *Salix retusa* und das niedere Buschwerk der *Salix hastata* und *S. arbuscula* sowie auch die rotfrüchtige Zwergmispel (*Sorbus Chamaemespilus*), erscheinen goldiggelb. Die letzteren besäumen insbesondere das Rinnsal der Quellsbäche, und wenn man von erhöhtem Standpunkt in die Mulden und Rare hinabsieht, durch welche die Gewässer in gewundenem Lauf und unterbrochen durch kleine Raskaden ihren Weg verfolgen, erkennt man die Weiden- und Zwergmispelgebüsch als goldige, geschlängelte Linien und Bänder, welche in die dunklere

Umgebung eingezeichnet sind. Zwischen das niedere Gestrüpp der Heidelbeeren und Moosbeeren, vorzüglich aber zwischen das niederliegende Geäste der Alpenbärentraube sind allwärts auch weiße und graue Flechten, namentlich die Rentierflechte und die isländische Flechte, eingesprengt, und einzelne felsige Rücken und Grate sind so ausschließlich von diesen Gebilden überzogen, daß sie schon von fern als weiße Flecke und Streifen auf rotem, violetterm und gelbem Grund erscheinen. Das Farbenspiel in der Alpenregion wird noch dadurch wesentlich gehoben, daß es an breiten Flächen mit dunkeln Tönen nicht fehlt. Die Zahl der immergrünen Gewächse ist dort verhältnismäßig groß, und insbesondere erhalten mehrere der bestandbildend auftretenden Arten ihr grünes Laub unter der lange dauernden winterlichen Schneedecke bis in die Vegetationsperiode des nächsten Jahres. Die Bestände aus Legföhren, die Gestrüppe der Alpenrosen, die Gruppen der schwarzfrüchtigen Kauschbeere (*Empetrum nigrum*) und die Teppiche aus der immergrünen Bärentraube bringen mit ihren dunkelgrünen Farben eine gewisse Ruhe in das bunte Gewirr. Auch die Teppiche der *Azalea procumbens*, die sich im Herbst durch Ballung der Chlorophyllkörper in den Zellen der Blätter braungrün färben, mäßigen die Buntheit des Bildes in harmonischer Weise.

Das reizende Schauspiel der Verfärbung des sommergrünen Laubes in der alpinen Region erstreckt sich in der Regel nur auf 14 Tage. Bleibt dann das Hochgebirge noch kurze Zeit schneefrei, so lösen sich alle die roten, violetten und gelben Blätter von den Zweigen und Zweiglein. Was in den Blättern an verwendbaren Stoffen noch vorhanden war, ist während dieser kurzen Zeit in die überwinternden Stammbildungen gewandert; das abgefallene Laub wird braun und schwarz, und bald breitet sich eine dichte, bleibende Schneelage über das Hochgebirge aus. Die Kämme, Galden und Mulden, auf welchen kurz vorher noch feuriges Rot und helles Gelb zwischen den dunkeln Legföhren und Alpenrosen aufflamnte, heben sich jetzt mit blendendem Weiß vom winterlichen Himmel ab.