würde, oder wo der untere Teil desselben allmählich abstirbt, wie dies bei den kletternden Aroideen der Fall ist, ein System von *Luftwurzeln,* welches die direkte Kommunikation zwischen dem Erdboden und den oberen Pflanzenteilen herstellt (Philodendron pertusum).

Wird die Transpiration durch zu grofsen Wassergehalt der Luft bei gleichzeitiger reichlicher Wasseraufnahme seitens der Wurzel erschwert, dann kann, besonders bei der Stärke des Wurzel- und Blutungsdrucks der in feuchtem Klima wachsenden Pflanzen, leicht die Gefahr der Injektion der Durchlüftungsräume mit Wasser eintreten. Um dieser vorzubeugen, finden wir sowohl bei Hygrophyten als auch bei zartlaubigen Pflanzen unseres Klimas (jungen Gräsern, Kapuzinerkresse u. a.) *Einrichtungen, die das überschüssige Wasser in Tropfenform auszuscheiden bestimmt sind.* Diese Einrichtungen bestehen entweder in sog. *Wasserspalten,* welche den Luftspalten ähnlich gebaut sind, sich aber durch ihre bedeutendere Gröfse und durch die Unbeweglichkeit ihrer Schliefszellen von jenen unterscheiden und sich den innerhalb eines zartwandigen, chlorophyllfreien Parenchyms gelegenen peripherischen Gefäfsbündelenden der Blätter anschliefsen (Tropaeolum, Collocasia, Hippuris etc.), oder die Tropfen treten durch verdünnte Membranstellen (Tüpfel) der Epidermis-Aufsenwände hervor (Salacia-Arten). Auch können endlich mehrzellige (seltener einzellige) Trichome von sehr eigentümlichem Bau, wie sie G. Haberlandt[1]) in einer seiner letzten Publikationen beschrieben hat, die Aufgabe der Wasserabscheidung übernehmen (Gonocaryum pyriforme und Anamirta Cocculus haben *einzellige,* Bignonia brasiliensis, Spathodea campanulata, Artocarpus integrifolia u. a. haben *mehrzellige* Trichome). Haberlandt schlägt für alle diese Einrichtungen, die übrigens zuweilen auch der Absorption dienen, die Bezeichnung „*Hydathoden*" vor. Wie reichlich die Tropfenausscheidung (Guttation) sein kann, beweisen z. B. die zu den Hippocrateaceen gehörigen Salacia-Arten, deren Laubblätter in den Morgenstunden von Nässe triefen und bei der geringsten Berührung einen förmlichen Regen herabsenden. Bei manchen grofsblättrigen Aroideen tropft das Wasser in kurzen Zwischenräumen (zuweilen jede Sekunde) ab; bei Collocasia antiquorum erfolgt die Guttation sogar mit solcher Gewalt, dafs die Tropfen mehrere Centimeter weit fortgeschleudert werden. —

VI.

Schutzmittel gegen die Kälte.

Die Vegetationsprozesse der Pflanze spielen sich innerhalb gewisser Temperaturgrenzen ab. Wenn auch die *obere* Grenze in der Natur selten erreicht oder überschritten wird, so wissen wir doch, einen wie schädlichen Einflufs schon die durch starke Insolation veranlafsten hohen Temperaturen auf den Keimungsprozefs, die Chlorophyllbildung, die Transpiration etc. ausüben. Der Tod der Pflanze durch Hitze wird freilich in der Natur selten eintreten. Wohl aber erliegen die Gewächse häufig dem *Kältetode,* da die meisten Saftpflanzen schon eine Temperatur von 0° oder wenige Grade darunter nicht ertragen können, ja manche tropische Pflanzen schon bei einer oberhalb des Gefrierpunktes liegenden Temperatur zu Grunde gehen.

---

[1]) G. Haberlandt, I. Anatomisch-physiol. Untersuchungen über das tropische Laubblatt. II. Über wassersecernierende und -absorbierende Organe. Sitzungsber. der Wiener Akademie d. Wiss. 1894, Bd. CIII, S. 489.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Während man früher den Tod durch Erfrieren einzig und allein darauf zurückführte, dafs die innerhalb der Zelle stattfindende Eisbildung durch die dabei eintretende Volumvergröfserung Zerreifsung der Zellmembran zur Folge hat, so wissen wir jetzt, dafs dieser Vorgang zu den Ausnahmen gehört, weil die Eisbildung zunächst nicht innerhalb der Membran, sondern aufserhalb derselben eintritt, da vor dem Gefrieren der wässrige Zellsaft durch die Membran hindurch in die Intercellularräume übergeht. Es kann nun im Pflanzenkörper eine reichliche Eisbildung stattfinden, ohne dafs doch die Pflanze dabei abstirbt. Bei langsamer Erwärmung tauen die Eiskryställchen auf, das Wasser tritt in die Zelle zurück, welche wieder turgescent wird, und der Zustand der „*Kältestarre*" hat ein Ende. Das *Gefrieren* der Pflanze braucht also noch nicht ihren Tod zur Folge zu haben. Erst wenn das Protoplasma selbst, wenn seine molekulare Struktur durch die Kälte verändert worden ist, tritt der Tod durch *Erfrieren* ein: der Saft wird beim Auftauen nicht wieder von dem kontrahierten Plasma aufgenommen, die Pflanze wird schlaff und welk, färbt sich dunkel und geht endlich an feuchter Luft in Fäulnis über. Eine für alle Pflanzen gültige Temperaturgrenze, bei welcher die Degeneration des Protoplasmas stattfindet, existiert nicht. Wie schon gesagt, tritt bei manchen Tropenpflanzen dieser Prozefs schon bei Temperaturen über 0° ein. So sterben die aus warmen Erdgebieten stammenden Coleus-Arten in unseren Gärten bei + 1 bis 2° C. ab, nicht, wie Versuche gezeigt haben, infolge der durch die gesunkene Bodentemperatur verminderten Absorptionsfähigkeit der Wurzel, sondern wegen der molekularen Veränderung des Protoplasmas[1]). Die meisten unserer einheimischen Krautpflanzen erfrieren schon wenige Grade unter dem Nullpunkt, während die zu den Crassulaceen gehörenden Arten eine ziemlich bedeutende Kälte zu ertragen vermögen. Das alpine Sempervivum montanum z. B. hält wochenlang eine Temperatur von — 10° aus, ohne zu erfrieren. Noch übertroffen werden die Crassulaceen in dieser Beziehung von den verschiedenen Saxifragaceen, welche — 20 bis — 25°, und von verschiedenen Cochlearia-Arten, welche in den Polargegenden noch stärkere Kältegrade ohne Schaden ertragen. Kerner erwähnt z. B. in seinem „Pflanzenleben" das von der Vega-Expedition im Winter 1878/79 am Strande von Pittlekaj (Sibirien) auf der Kuppe eines Sandhügels beobachtete Exemplar von Cochlearia fenestralis, das mit seinen zarten, saftgefüllten Blättern und seinen Knospen fortwährend den eisigen Nord- und Nordostwinden bei Temperaturen von — 30 bis — 46° C. ausgesetzt und gefroren war, im nächsten Sommer aber weiter vegetierte, zum Blühen kam und Früchte entwickelte.

Aus diesem so ungleichen Verhalten der Pflanzen gegen die Kälte geht hervor, dafs das wichtigste Schutzmittel gegen die Gefahr des Erfrierens in der bei den einzelnen Pflanzen *verschiedenen, spezifischen Struktur des Protoplasmas* besteht. Daneben ist *der geringere oder stärkere Wassergehalt* der Zellen von gröfsester Bedeutung für das Ertragen des Frostes, und man kann sagen, dafs — abgesehen von den Dickblattgewächsen — die Pflanzen um so leichter Frosttemperaturen ertragen, je *wasserärmer* ihre Zellen sind. Die *Wasserverminderung der Gewebe*, die gegen Beginn der kalten Jahreszeit in den für die Überwinterung bestimmten Organen eintritt, ist also ebenfalls als Schutzeinrichtung anzusehen. So erklärt es sich denn auch, dafs lufttrockene Samen von der Kälte fast gar nicht beeinflufst werden, während gequollene sehr schnell zu Grunde gehen, dafs unsere Bäume und Sträucher, bei denen Holz und Rinde, ja sogar die Cambiumschicht

---

[1]) J. Wiesner, l. c. S. 288.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

im Winter fast saftlos sind, und dafs die ebenfalls saftarmen Blätter der immergrünen Gewächse sehr gut die kalte Jahreszeit überdauern.

Alle übrigen, schon mehrfach erwähnten Schutzmittel: *dichte Behaarung, Ausbildung einer starken Cuticula, einer dicken Korkschicht, Zusammendrängen der Vegetationsorgane*, die sich sowohl an arktischen, antarktischen, wie an den ebenfalls schutzbedürftigen Hochgebirgspflanzen finden, kommen erst in zweiter Linie in Betracht, da ihre Schutzwirkung nur für geringere Kältegrade ausreichend ist.

Dagegen unterstützt die Natur die Pflanzen durch ein äufserst wirksames Schutzmittel; das ist *die Schneedecke*, unter welcher selbst zartgewebige Arten ihr Leben auch bei starker Kälte der Atmosphäre fristen können, da sie nicht allein den eisigen Winden den Zugang wehrt und die Transpiration verhindert, sondern auch dem Erdboden die starken Frosttemperaturen fernhält und die Wärmeausstrahlung desselben erheblich abschwächt. Freilich ist der Schutz, den die Schneedecke gewährt, nur dann ein ausreichender, wenn die Temperatur des Schnees nicht selbst eine so niedrige wird, dafs die von ihm umgebenen Pflanzen darin erfrieren. So fand Robert Kane die Schneetemperatur in Grönland noch in einer Tiefe von 126 cm auf — 16,3° gesunken, und die Vega-Expedition konstatierte unter einer Schneedecke von 30 cm — 16°, während der darunter befindliche Erdboden — 15° zeigte. Dennoch verdankt unzweifelhaft ein grofser Teil der arktischen Flora der meist hohen Schneedecke seine Erhaltung. Bedeutsamer noch ist dieser Schutz für die Pflanzen der gemäfsigten Zone, besonders der Hochgebirge, wo die auch im Winter noch wirksame Insolation eine zu starke Temperaturerniedrigung des Schnees verhindert, so dafs häufig der mit einer dicken Schneeschicht bedeckte Boden nicht einmal gefroren ist.

Die Gröfse sowohl der arktischen als auch der Hochgebirgspflanzen ist im allgemeinen eine derartig geringe, dafs meist schon eine dünne Schneeschicht genügt, sie einzuhüllen; dagegen ist die Ausbildung der unterirdischen Organe eine um so reichlichere. Besonders die arktischen Pflanzen entwickeln diese Organe stärker als die oberirdischen, die durch reichlichere Zweigbildung bei rasenartig zusammengedrängtem Wuchse den Austausch mit der atmosphärischen Luft herstellen. So werden nach Grisebach auf Nowaja Semlja die meisten Gewächse nicht über eine Spanne, viele sogar nur 2 bis 3 Zoll hoch, während eine Gröfse von 6 Zoll schon selten ist; dagegen fand man den im Erdboden verborgenen Stamm einer Weide (Salix lanata) 10 bis 12 Fufs horizontal hinkriechen, ohne das Ende zu erreichen. Die mittlere Höhe der Pflanzen im Taimyrlande beträgt nach Middendorff nur 5 Zoll; die höchsten Zwergsträucher erreichen nur 6 Zoll, selbst die Zwergbirke wird hier nicht gröfser. Im arktischen Amerika ragen die am Erdboden hinkriechenden Zwergsträucher kaum aus dem Teppich der Erdlichenen hervor[1]).

Diese durch die aufserordentlich kurze Vegetationsperiode und die Notwendigkeit des Schneeschutzes bedingte *geringe Ausbildung der oberirdischen Organe*, die sich bei den Stauden in der Nichtentwicklung der Stengelglieder und dadurch veranlafster rosettenförmiger Blattstellung äufsert, findet sich auch vielfach bei Hochgebirgspflanzen. So kriechen die Zweige der Legföhre (Pinus humilis), des Zwergwachholders (Juniperus nana), der Alpenerle (Alnus viridis) u. a. in geringer Höhe parallel dem Boden dahin, um bei reichlichem Schneefall hinabgedrückt und mit einer schützenden Decke versehen zu werden. Dafs auch äufserst zarte Pflanzen unter einer Schneeschicht der

[1]) A. Grisebach, Die Vegetation der Erde. Bd. I, S. 40.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Winterkälte Trotz bieten können, beweist das Verhalten der zierlichen, alpinen Soldanella pusilla[1]). Durch Firn und Schnee hindurch wächst sie empor, wenn der Winter vorüber ist, und bahnt sich mit ihren saftigen, zarten Blütenstengeln durch die eisige Masse einen Weg, indem sie mittels der bei ihrer Atmung frei werdenden Wärme eine Höhlung in das Eis schmilzt, das kuppelartig die Blütenknospe überwölbt, bis der Stengel, immer höher emporstrebend, die Schneedecke durchbricht und seine reizenden Blüten entfaltet.

Übersicht über die wichtigsten Schutzeinrichtungen.

I. Schutzmittel gegen die Angriffe der Tiere.

1. Äufsere (mechanische) Schutzmittel.
   a) Dicke, feste Cuticula.
   b) Trichomgebilde (Wollhaare, Brennhaare, Stechborsten).
   c) Stacheln und Dornen.
2. Innere (chemische) Schutzmittel.
   a) Gerbstoffe.
   b) Oxalsäure und ihre Salze.
   c) Alkaloide.
   d) Glycoside.
   e) Ätherische Öle.
   f) Ölkörper der Lebermoose.
   g) Schleimführende Zellen.
   h) Raphiden.
3. Symbiotische Schutzmittel.
   a) Domatienbildung der Myrmekophyten.
   b) Müllersche und Beltsche Körperchen.
   c) Extranuptiale Nektarien und Saftmale.

II. Schutzmittel gegen zu intensive Belichtung.

1. Bewegungsfähigkeit der Chlorophyllkörner am Lichte.
2. Entwicklung einer starken Cuticula.
3. Ausbildung cuticularer Wachsschichten.
4. Dichte Haarbekleidung.
5. Schattenstellung der chlorophyllführenden Organe.
6. Überzüge von Calciumcarbonat und Chlornatrium.
7. Periodische Bewegungen der Laubblätter.

---

[1]) Vgl. Kerner, Pflanzenleben. Bd. I, S. 465.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf