grofse Abkühlung infolge von Ausstrahlung schützt. Wie sehr die ätherischen Öle, selbst wenn sie nur in geringer Menge der Luft beigemengt sind, die Diathermansie derselben verringern, beweisen die nachfolgenden Angaben Tyndalls, nach denen die mit den Dämpfen von Rosenöl, Wermut-, Lavendel-, Thymian-, Kamillen-, Cassia- und Anisöl durchsetzte Luft 36 bzw. 41, 60, 74, 87, 109, 372 mal soviel Wärme absorbiert als reine Luft. —

V.

Schutzeinrichtungen zur Förderung der Transpiration.

Der Kreis der Pflanzen, welche Schutzeinrichtungen zur Förderung der Transpiration bedürfen, ist ein ungleich engerer als derjenige, welcher die vor zu starker Verdunstung zu schützenden umfafst. Hauptsächlich kommen dabei Sumpfpflanzen sowie die in den feuchtwarmen Tropengegenden heimischen Gewächse in Frage, da sich bei ihnen alle hier zu erwähnenden Schutzmittel am kräftigsten entwickelt finden. Handelte es sich bei den im vorigen Abschnitte besprochenen Pflanzen zunächst um Reduktion der Blattspreite bis zu deren völligem Verschwinden, so finden wir bei den in feuchter Atmosphäre lebenden Pflanzen das Bestreben, *möglichst grofse Blattflächen* auszubilden. Wenn schon in unseren heimischen Buchenwäldern die an schattigen, feuchten Stellen wachsenden Pflanzen sich durch grofsblättriges, flaches, zartes Laubwerk auszeichnen, so ist dies doch mit dem zu mächtiger Flächenentwicklung gelangenden Tropenlaube nicht zu vergleichen. Die Blätter einiger tropischer Palmen z. B. erreichen eine geradezu kolossale Ausdehnung. Die riesige Corypha umbraculifera Ceylons erzeugt Blätter, deren Oberfläche 30—40 qm grofs ist, während die im brasilianischen Urwalde vorkommende Tupatipalme (Raphia taedigera) nach Kerner gefiederte Blätter hervorbringt, deren Länge — den 4 bis 5 m langen Stiel abgerechnet — 19 bis 22 m und deren Breite bis zu 12 m beträgt. Durch sehr grofse Blätter sind auch die in feuchtwarmer Luft lebenden Bananen, Aroideen, Farne etc. ausgezeichnet. Da ferner auch eine *dünne, zarte Cuticula* eine ausgiebige Transpiration wesentlich erleichtert, finden wir eine solche bei den meisten Hygrophyten, besonders bei den die triefende Untervegetation des Urwaldes bildenden Pflanzen, z. B. Farnen, sehr häufig entwickelt. In anderen Fällen ist die Cuticula mit einer *dünnen Wachsschicht* überzogen, welche die Blätter unbenetzbar macht und die Stomata von Wasser frei erhält (Primula farinosa, Salix amygdalina, pruinosa, purpurea, Polypodium glaucophyllum). Die gleiche Wirkung wird oftmals durch eine auf der mit Spaltöffnungen versehenen Blattfläche befindliche *Haarschicht* erzielt, wie sie viele an Wasserläufen wachsende Pflanzen zeigen (Alnus incana, Salix incana, Cirsium heterophyllum, Tussilago Farfara). Auch *die Lage der Spaltöffnungen* selbst ist häufig eine derartige, dafs sie weder von Regen noch von Tau benetzt werden können. Sie sind entweder über die Epidermis emporgezogen (Blechnum boreale, Asplenium furcatum, Pteris cretica, Peperomia arifolia), oder liegen in Vertiefungen, die von papillenartig vorgewölbten Epidermiszellen umgeben sind (Lysimachia thyrsiflora, Polygonum amphibium, Scirpus lacustris), oder befinden sich in Gruben und Furchen eingesenkt (Nerium Oleander, Dryandra floribunda).

Die Orientierung der Blätter ist sehr selten eine vertikale, die für eine grofse Anzahl von

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Xerophyten charakteristisch ist, sondern sie sind stets bestrebt, dem Lichte durch eine *horizontale Lage* eine möglichst grofse Oberfläche darzubieten, so dafs sie ausgiebig beleuchtet und durchwärmt werden können. Ein ausgezeichnetes Beispiel hierfür bieten die zu den Nymphaeaceen (Nymphaea, Nuphar, Victoria regia) gehörigen Wasserpflanzen, deren zum Teil mächtige Blattspreiten der Wasserfläche flach aufliegen und auf ihrer unbenetzbaren, in der Mitte erhöhten Oberseite die äufserst zahlreichen Stomata enthalten, während sie auf der spaltöffnungsfreien Unterseite durch Anthokyan, einen violetten Farbstoff, gefärbt sind, der vermöge seiner Fähigkeit, Licht in Wärme umzusetzen, die Temperatur innerhalb des Blattes und damit die Verdunstung wesentlich erhöhen hilft. Ein eigentümliches Verhalten zeigen die Blätter der Nelumbium-Arten (N. speciosum und luteum), die in entwickeltem Zustande sich über die Wasserfläche erheben. Ihre Unterseite nämlich vertrocknet und schrumpft ein, nachdem die Epidermis derselben einige nicht zu voller Ausbildung kommende Stomata zu erzeugen versucht hat. Areschoug[1]) nimmt an, dafs die Stammeltern dieser Pflanzen, wie diejenigen der übrigen Nymphaeaceen, schwimmende Blätter gehabt haben, und dafs also in diesem Falle die Erblichkeit mächtiger als die Anpassung war.

Der schnellen Wasserableitung nach Regengüssen und somit der Transpirationssteigerung bei solchen Pflanzen, deren Blattfläche benetzbar ist, dienen die von Jungner[2]) an den Pflanzen des regenreichen Kamerungebirges beobachteten „*Stachelspitzen*", die E. Stahl[3]) später an der javanischen Flora studierte und als „*Träufelspitzen*" bezeichnete. Sie sind entweder flach und laufen in eine ganz dünne Spitze aus oder bilden am vorderen Blattende eine schmale Rinne und sind zuweilen säbelartig gekrümmt (Kerria japonica, Ficus religiosa). Ihre Länge ist bisweilen eine ziemlich bedeutende; sie beträgt z. B. bei Ficus religiosa 70 mm bei einer Länge des übrigen Blattes von 100 mm, während sie sich bei Rottlera glaberrima wie 60 : 180 verhält. Die Träufelspitzen befördern die Wasserableitung in hohem Grade. Nach Stahls Versuchen wurden mit Träufelspitzen versehene Blätter in 35 Minuten vollständig entwässert, während solche, denen man sie genommen hatte, 1 bis 2 Stunden brauchten, um zu trocknen.

Der Nutzen dieser Einrichtung beschränkt sich übrigens nicht nur auf die Beförderung der Transpiration, sondern die auf den Blättern sich ansiedelnden Tiere (Ascariden, Blattläuse, Insekten etc.), in deren Faeces die Sporen der verschiedensten Kryptogamen leicht haften und keimen können, werden durch ihre Vermittelung schnell heruntergespült und die Blattspreite so gereinigt.

Einen wie erheblichen Einflufs auf die Steigerung der Transpiration die *Ausbildung eines mächtigen Schwammparenchyms* besitzt, ist schon im vorigen Abschnitte erwähnt worden. In der That findet sich bei allen Hygrophyten ohne Ausnahme dieses eigentliche Transpirationsgewebe mit seinen weiten Intercellularräumen stark entwickelt; ja, es giebt Pflanzen, deren Mesophyll fast ausschliefslich aus Schwammgewebe besteht, z. B. die in feuchtwarmer Atmosphäre vegetierende brasilianische Franciscea eximia, sowie Polypodium setigerum, ein Bewohner der regenreichen Vorberge des Gedeh in Westjava.

---

[1]) F. W. C. Areschoug, Der Einflufs des Klimas auf die Organisation der Pflanzen, insbes. auf die anat. Struktur der Blattorgane. Botan. Jahrb. f. Systematik. 1882 Bd. II, S. 524.

[2]) J. R. Jungner, Anpassungen der Pflanzen an das Klima in den Gegenden der regenreichen Kamerungebirge. Botan. Centralbl. 1891, S. 353 ff.

[3]) E. Stahl, Regenfall und Blattgestalt. Ann. du Jardin Botan. de Buitenzorg. 1893.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ein anderes Mittel sich gegen die schädlichen Wirkungen andauernder Regengüsse zu schützen, findet Wiesner in *den Reizbewegungen* des ombrophoben[1]) Laubes von Mimosa pudica. Der zarte Fettüberzug der Oberseite der Blättchen würde nicht ausreichen, sie vor den Folgen längerer Regenwirkung zu schützen, wenn die durch den Regen hervorgerufene Erschütterung nicht die Blätter zum Schliefsen bringen würde. Selbst nach mehrtägigem Eintauchen in Wasser sind die Oberseiten der Blättchen noch unbenetzt, ein Beweis für die sichere Schutzwirkung der durch die Reizbewegung hergestellten Blattlage. —

Mit dem Bedürfnis nach gesteigerter Transpiration hängt auch, wenigstens zum grofsen Teil, das *Emporstreben zum Licht* zusammen, das an den Pflanzen des feuchten Tropenwaldes zu beobachten ist. Dem rasen- und polsterförmigen Wuchse so vieler Xerophyten steht daher bei den Hygrophyten die *gröfstmögliche Längenentwicklung* gegenüber, wie sie z. B. die sprichwörtlich gewordenen „Riesen des Urwaldes" zeigen. Auch die verschiedenen *Verzweigungsformen* der säulenartig emporwachsenden Bäume lassen das Bestreben erkennen, dem Nachbarn im Kampfe um das Licht den Sieg abzugewinnen. Die *kandelaberartige Verzweigung* kommt dadurch zustande, dafs die Zweige zunächst in schräger oder horizontaler Richtung vom Stamm sich entfernen, sich dann bogenförmig aufwärts krümmen, um ebenfalls vertikal in die Höhe zu wachsen (z. B. Argyrodendron amboinense). Eine andere Form ist die *schirmartige Verzweigung*. In beträchtlicher Höhe erst tritt unter spitzem Winkel Zweigbildung ein. Die primären Äste biegen sich dann allmählich nach aufsen und bilden mit ihren Nebenästen und ihrem reichen Laube zusammen einen mächtigen, weit ausgabelnden Schirm, der alle seine Teile der Lichtwirkung zugänglich macht (Schizolobium excelsum). Bilden sich mehrere solcher flachen Laubschirme übereinander, so entsteht die *Etagenform*, wie sie z. B. der südamerikanische Wollbaum (Eriodendron anfractuosum) zeigt[2]).

Auch die unter dem Namen „*Lianen*" zusammengefafsten mannigfachen Arten der Kletterpflanzen, die besonders in den regenfeuchten Tropengegenden ihre Heimat haben, folgen nur ihrem Lichtbedürfnis, wenn sie die überaus zahlreichen Einrichtungen ausbilden, die ihnen gestatten, sich an aufrechten Stämmen festzuklammern, bei verhältnismäfsig dünnbleibendem Stengel dem Lichte entgegenzuwachsen und dabei oft eine bedeutende Höhe zu erreichen. So wird z. B. der nur einige Centimeter dicke Stengel der Kletter- oder Rotangpalme 150—200 m lang. Ihnen allen, mögen sie nun zu den Kryptogamen (Equisetaceen und Farnen), zu den Gymnospermen (Gnetum, Ephedra) oder zu den Angiospermen (Gramineen, Palmen, Cacteen, Leguminosen, Bignoniaceen, Malpighiaceen, Menispermaceen u. s. w.) gehören, ist ein aufserordentlich gut entwickeltes Leitungssystem mit weiten Kanälen eigen, das sie befähigt, auch bei sehr gesteigerter Transpiration die dem grünen Assimilationsgewebe nötige Feuchtigkeit aus den Wurzeln emporzuheben und möglichst schnell an ihren Bestimmungsort zu leiten. Häufig finden sich bei grofsblättrigen Lianen, bei denen die Zuleitung durch den Stamm nicht genügen

---

[1]) J. Wiesner, Über ombrophile und ombrophobe Pflanzen. Sitzungsber. der Wiener Akad. d. Wissenschaften. 1894 Bd. CII, S. 503. W. nennt „ombrophobe" Pflanzen diejenigen, deren Laub kontinuierlichen Regen nur kurze Zeit ertragen, alsbald das ältere Laub abstofsen und verwesen, während er als „ombrophile" Pflanzen solche bezeichnet, deren Sprosse kontinuierlichem Regen selbst Monate lang Widerstand leisten. Die Xerophyten haben gewöhnlich ombrophobes, die Hygrophyten entweder ombrophobes oder ombrophiles Laub.

[2]) G. Haberlandt, Eine botanische Tropenreise. 1893. S. 87 ff.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

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