

8

Die

Schutzmittel der Pflanzen

gegen

Thiere und Wetterungunst

und die

Frage vom salzfreien Urmeer.

STUDIEN

über

Phytophylaxis und Phytogeogenesis

von

Otto Kuntze.

Leipzig,
Arthur Felix.
1877.

Die
Schutzmittel der Pflanzen

gegen

Thiere und Wetterungunst

und die

Frage vom salzfreien Urmeer.

—•••—
STUDIEN

über

Phytophylaxis und Phytogeogenesis

von

Otto Kuntze.

*To Mr. Ch. Darwin
dedicated
from the author.*

~~~~~  
[Gratisbeilage zur botanischen Zeitung.]

—•••—  
\* Leipzig,  
Arthur Felix.  
1877.

Das Recht der Uebersetzung in fremde Sprachen ist vorbehalten.

Im Winter 1876/77 hatte ich im Colloquium des inzwischen verstorbenen Professor Alexander Braun, welcher infolge seines enormen Wissens und liebenswürdigen Charakters auch mir viel Anregung gab und unvergesslich sein wird, ein Referat über A. Kerner's neuerschienenes Werk „Schutzmittel der Blüthen gegen unberufene Gäste“ übernommen; ich benutzte diese Gelegenheit, um die Arbeiten, welche bisher über die Erhaltungsmittel der Pflanzen erschienen sind, zu vergleichen. Da ich über Schutzmittel der Pflanzen im Allgemeinen keine Specialarbeit fand, entstand dieses Buch. Dasselbe ist eigentlich nur eine etwas weitere Ausführung meiner drei derart veranlassten Vorträge. Ohne besonders dazu angestellte Beobachtungen wurde es, nur auf früheren Studien beruhend, in kurzer Zeit zum Abschluss gebracht, wobei mir namentlich die Erfahrungen, die ich auf einer mehrjährigen Reise um die Erde sammelte, sehr zu Hilfe kamen. Wenn ich es wage, diese so entstandene Arbeit schon jetzt zu veröffentlichen, so geschieht es in dem Bewusstsein, dass ich die neuen wissenschaftlichen Probleme, welche sich bei den vergleichenden Studien herausstellten, unmöglich allein lösen kann, sondern alle Kräfte dazu auffordern muss, zumal ich mich in den nächsten Jahren mit den Bestimmungen der reichen botanischen Ernte meiner Reise beschäftigen will; ferner geschieht es in der Hoffnung, dass mein Werkchen infolge einiger neuen Beobachtungen, die ich auf meiner Reise machte und eingeflochten publicire, keine ungünstige Aufnahme finden werde. Es dürfte diese Schrift zur lebhaften Forschung und Debatte anregen, und bitte ich, da es fast unmöglich ist, alle Erscheinungen der Tages-Literatur zu verfolgen, mir Ergänzungen und Entgegnungen oder mindestens Notizen darüber vermittelst der Post zuzusenden.

Ich hätte es beim Vortrag als selbstverständlich hingestellt, dass das Meer früher salzfrei war, erfuhr aber darauf eine allseitige Opposition, sodass ich diese Behauptung ausführlich begründen musste; so entstanden meine phytogeogenen Studien, d. h. Untersuchungen über die parallele causale Entwicklung der Pflanzen und der Erdrinde, namentlich auch über die Bedingungen zur Erhaltung pflanzlicher Petrefacten. Um die Salzlosigkeit früherer Ozeane

zu beweisen, musste ich die gangbaren geologischen Hypothesen erwägen; ich fand, dass dieselben sich in Extremen bewegen und war veranlasst, einige neue Sätze zu begründen, deren weiterer Ausbau die Anschauungen der Geologen vielfach verändern dürfte; ich musste namentlich widerlegen, dass solche Urgesteine, in denen sich Graphit und Bitumen findet, neptunisch sind und meine, es ist mir dies gelungen.

Die Lehre von den leicht sichtbaren oder wenn ich so sagen darf, den äusserlichen Erhaltungsmitteln der Pflanzen ist seit Darwin's epochemachenden Publicationen eine umfangreiche geworden und bildet einen besonderen Zweig der Botanik. Da ich es zum ersten Male versuchte, ihr eine gewisse Abrundung durch diese Beiträge zu geben, möchte ich dafür den Namen Phytophylakteriologie vorschlagen.

Leipzig-Eutritsch, Mai 1877.

Otto Kuntze.

# I.

## Studien über Phytophylaxis,

insbesondere über die

### Schutzmittel der Pflanzen gegen Thiere und Wetterungunst.

Es bezweifelt wohl Niemand, dass vortheilhafte Varietäten andre überleben; wie sie aber entstehen, bleibt zu erforschen. Da dies aber kaum durch Beobachtungen und Culturen ausreichend zu erwarten ist, soll man die Vortheile, welche bestimmte Eigenschaften der Organismen bieten, ergründen, und letztere ihrer Entwicklung gemäss erforschen, damit die Selectionstheorie, die von allen Theorien über Entstehung der organischen Wesen doch die beste ist, bessere Stützen erhalte, als durch rein philosophische Erörterungen, die so leicht zu Irrschlüssen führen. Diesem realen Streben, einer Erfahrungswissenschaft, wie die Botanik ist, nur angemessen, entstammen infolge der Darwin'schen Anregungen unter anderen auch drei deutsche hervorragende Werke: das von Dr. Hermann Müller (Lippstadt) über gegenseitige Anpassung von Blumen und Insecten zur Befruchtung der Pflanzen, Leipzig 1873, dann Dr. Friedrich Hildebrand's Verbreitungsmittel der Pflanzen, Leipzig 1873 und Dr. A. Kerner's Schutzmittel der Blüten gegen unberufne Gäste, Wien 1876. Ich will über diese Werke hier nur kurz referiren, soweit es zum allgemeinen Verständniss nöthig ist und die Schutzmittel der Pflanzen überhaupt behandeln, namentlich aber die Eigenschaften der pflanzlichen Organismen insofern vergleichen, als sie gleichzeitig zu den verschiedensten Erhaltungszwecken dienen, sei es zur Befruchtung, also insbesondere Blüteneinrichtungen zur Anlockung und Abhaltung gewisser Thiere, sei es zur Verbreitung der Samen oder zum Schutz gegen allerlei Thiere und gegen verschiedene klimatische Widerwärtigkeiten.

Betrachtete man bisher eine Pflanzeigenschaft meist einseitig, zu einem Zweck dienend, so werden wir im Verlaufe der Arbeit zu der Einsicht kommen, dass eine solche Auffassung unnatürlich ist, dass die passendsten Erhaltungszustände, Adaptationen das Resultat der verschiedensten Einwirkungen sind und eine capitelweise Behandlung einzelner zweckerfüllender Eigenschaften fast nicht möglich ist.

Ich will durch ein Beispiel erläutern, wie nöthig die Vergleichenungen dieser verschiedenartigen Erhaltungsmittel sind. Die Randblüthen der Compositen werden einmal einseitig als Anlockungsmittel für Insecten infolge der grellen Farbe betrachtet, ein andermal als Anflugfläche, als Ruhepunkt für besuchende Insecten, ein drittes Mal als Schutzmittel gegen Regen, indem sie sich bogenförmig über die Scheibenblüthen zusammenneigen. Vergleicht man nun dies, so führt es zu weiteren Schlüssen. Die Compositen sind also auf Fremdbestäubung durch Insecten angewiesen, ihr Staubbeutelring wird bei Berührung

eines Insectes durch eine Reizvorrichtung herabgezogen und bei dieser Gelegenheit fegen besondere Haare, die am zuerst eingeschlossenen Griffel sitzen, den Pollen aus dem Antherenring. Nunmehr stehen die Griffel über den Staubbeuteln, aber die Narbenschkel breiten sich alsdann erst aus, sind nur auf der Innenseite conceptionsfähig und müssen behufs Befruchtung darauf warten, dass ihnen Insecten den Pollen einer anderen Blüthe zutragen. Als Anlockungsmittel sind nun aber die Randblüthen bloß dann erklärbar, wenn die Scheibenblüthen eine unscheinbare Farbe besitzen, z. B. schmutzig grau oder ocherfarbig oder grünlich sind; also Scheibenblüthen mit grell gefärbten inneren Blüthen können der Randblüthen als Anlockungsmittel entbehren. Als Ruhebänk sind Randblüthen nöthig, wenn die Fläche der Scheibenblüthen sehr klein oder wenn das Receptaculum stark gewölbt ist. Als Schutzmittel gegen Regen sind die Randblüthen von Nutzen, wenn sie gross genug sind, um die innere Fläche des Blütenkopfes überdecken zu können und sind entbehrlich, wenn die inneren Blüthen auf einem gewölbten Receptaculum sich befinden und dieselben zugleich zungenförmig sind, so dass eine Corollenzunge die Genitalien der darunter stehenden Blüthe deckt oder wenn sich der Blütenkopf vor dem Regen in hängende Stellung biegt oder sich, wie in der Knospelage, völlig schliesst. — Der Einwand, dass es viele Compositen giebt, die nicht auf diese Verhältnisse passen, kann derart widerlegt werden, dass einmal durch Nützlichkeit entstandene Formen, wenn sonst nicht nachtheilig, meist erhalten bleiben, selbst wenn sie durch Veränderungen des Klima oder des Insectenbesuches zwecklos werden.

Aus H. Müller's trefflicher, an Beobachtungen so ungemein reichen Arbeit über Blumenbefruchtung, die sich an ähnliche von Sprengel, Darwin, Hildebrand, Delpino, Fritz Müller und Axell anschliesst, ersehen wir, dass Befruchtung durch gewisse Insecten oder Colibris\*) veranlasst wird, indem die Blumen durch auffallende Farbe oder Geruch, durch Gewähren bevorzugter Nahrung, wie sie Nectar oder Pollen oder saftige Blütenhüllblätter bieten, durch Gewähren von Obdach gegen Wetter diese Thiere anlocken\*\*). Die Anpassungen gewisser Blütenformen und Insecten sind durch zahlreiche Beobachtungen festgestellt und oft so wunderbar, dass der Beweis bis zur Evidenz erbracht ist, dass solche Organisationen sich nur durch Wechselwirkung als die passendsten von den zahllosen Variationen, die in der Natur entstanden und noch entstehen, erhalten blieben und sich erhalten werden. Man bezeichnet solche Blumen als Insectenblüthen. Dagegen haben Windblüthen, deren Befruchtung der Wind besorgt, in der Regel weder auffallend gefärbte oder riechende Blumen, noch Nectar und fast stets fehlen ihnen grosse Blütenhüllblätter, die ja der Pollentfernung durch den Wind hinderlich sein würden. Man kann daher im Allgemeinen sagen: Insectenblüthen haben Blumen, Windblüthen nicht.

Der Besuch der Insecten ist insbesondere nur von Vortheil, wenn der Pollen so beschaffen ist, dass er den Insecten anhaftet und die Narben Eigenschaften besitzen, dass sie den sie besuchenden Insecten den unwillkürlich

\*) Ob Vögel wirklich Befruchtung vermitteln, ist noch nicht genügend erforscht.

\*\*) Zuweilen sind es auch gefärbte Hochblätter wie z. B. bei *Melampyrum*, manchen Bromeliaceen, Aroideen; bei *Mussaenda* und *Calycophyllum* wächst ein Kelchzipfel zu einem laubblattartigen, aber nur auf der sichtbaren Seite blendend gefärbten Blatt aus. Dies dient zur Anlockung. Ebenso muss man grell gefärbte Kelche auffassen, wenn die Blumenblätter verkümmert oder unscheinbar sind.

mitgebrachten Pollen entreissen können; dies geschieht meist durch Papillen oder Klebstoff. Der Pollen der Windblüthen ist meist leicht, glatt, lose, der der Insectenblüthen schwer, rauh bis stachlig, gehäuft oder klebrig.

Manche Pflanzen z. B. *Scrophulariaceen*, *Ericaceen*, haben Bestäubungsvorrichtung; hier transportirt das Insect den Pollen nicht; es findet Selbstbefruchtung statt, aber diese ist dadurch veranlasst, dass Insecten die Antheren auf- oder anstossen, sodass dann der Pollen ausfällt, der hierauf oft durch besonders organisirte Haare oder Bau der Corolle die bestimmte Fallrichtung nach der Narbe zu erhält. Bei *Urticaceen* und *Moreen* wird der Windpollen aus den Antheren durch einen eigenen Mechanismus losgeschneit, ausgestreut.

Bei *Syringa* und *Symphoricarpus* wird der Rüssel oder Kopf des Besuchers erst durch Benetzen mit Honig, bei *Vinca* und *Polygala* durch einen von der Narbe, bei *Bryonia* *Marrubium* etc. durch einen von den Antheren gelieferten Klebstoff zum Anheften des Pollens befähigt. Bei *Aclepias* haften die verwichenen Pollenkörner an den Krallen gewisser Besucher und wenn deren Krallen — wie dies bei dem Bau dieser Blüthen unvermeidlich ist — in eine enge Spalte der Narbe gerathen, bleibt dort der Pollen zurück. Die Früchte der tropischen Feigenarten bilden stets ein Gefängniß für zahlreiche Insecten, anscheinend Dipteren, die vom saftigen Blüthenboden lebend die Befruchtung vermitteln; nur ein kleiner Theil der Samen geht dadurch verloren, dass die Insecten ihre Eier in die Samenknospen legen. *Ficus carica* hat Gallwespenbefruchtung; doch wuchert bei ihr der Blüthenboden zur fleischigen Feige aus, während die Samen oft abortiren.

Für Selbstbefruchtung sagt Müller Sichselbstbestäubung — ein misslich gebildetes Wort, wofür Kerner Autogamie vorschlägt. Bei Bestäubung lässt Kerner das Wort „Staub“ nicht gelten, weil Pollen nicht immer windleicht, also nicht immer staubig ist. Fremdbefruchtung kann hauptsächlich zweierlei Art sein, entweder Fremdbestäubung, wofür man besser nur Windbefruchtung gebrauchen sollte, oder Insectenbefruchtung, wofür es einen zu dem entbehrlichen Wort Fremdbestäubung parallelen Ausdruck gar nicht giebt. Bei Selbstbefruchtung giebt es nicht diese zwei Unterschiede; das Wort Selbstbestäubung ist dafür nur ein Synonym und überflüssig, ja verwerflich, weil es einen andren Modus von Selbstbefruchtung vermuthen lässt. Kerner sagt für Fremdbefruchtung, sei sie durch Wind oder Insecten veranlasst, Allogamie und theilt diese in Geitonogamie, wenn sie auf einer Pflanze, und Xenogamie, wenn sie zwischen mehreren Pflanzenindividuen stattfindet.

Finden wir Selbstbefruchtung und Fremdbefruchtung bei einer Species zugleich möglich, so ist letztere meist wirksamer, giebt in der Regel besseren Samen. Dafür hat bereits Darwin viele Belege geliefert und auch gezeigt, dass Kreuzbefruchtung autogamer Blüthen kräftigere Nachkommen liefert als strenge Selbstbefruchtung. Ein auffallendes Beispiel will ich aus meinen Beobachtungen hinzufügen: *Carica Papaya* ist meist diöcisch, ziemlich selten zwittrig; die sitzenden Früchte der zweihäusigen Form, welche also Fremdbefruchtung haben, sind essbar, oft wundervoll von Geschmack; dagegen die Früchte der Zwitterblüthen, die wie die männlichen Blüthen gestielt sind, sind roh nicht geniessbar — eine Folge der Selbstbefruchtung; erst nachdem aus letzteren Früchten der ganzen Pflanze eigene merkwürdige Saft, welcher hartes altes Fleisch schnell mürbe macht, durch Kochen entfernt ist, werden sie zuweilen als ein fades Gemüse genossen. Ich habe erwähnte Eigenschaften dieser Pflanze sowohl in Amerika als in Asien constant gefunden.

Bei vollkommenen Insectenblüthen ist Selbstbefruchtung meist unmöglich, z. B. manchen *Corydalis*-, *Eschscholzia*-, mehreren *Viola*-arten (abgesehen von cleistogamen Formen), *Reseda odorata*, *Verbascum nigrum*, *Abutilon Darwini*, *Pelargonium zonata*, *Petunia violacea*, *Digitalis purpurea*, *Mimulus luteus* etc.\*), oder gar schädlich wirkend, wie bei einigen *Oncidium*-, *Notylia*-, *Gomezia*-, *Stigmatostalix*- und *Burlingtonia*-Arten; bei vollkommenen Insectenblüthen finden wir häufig Dichogamie, d. h. männliche und weibliche Organe derselben Blüthe entwickeln sich zu ungleicher Zeit, sodass Selbstbefruchtung dadurch vermieden ist; diese trennt man in protogyne oder proterogyne — hier sind die Narben schon entwickelt oder gar befruchtet, bevor sich die Antheren öffnen und proterandrische — hier entwickeln sich die Pollen zeitiger als die Narben. Ebenso steht durch Versuche fest, dass heterostyle Blüthen (Di- und Tri-morphismus) von wechselseitiger Befruchtung abhängig sind und wenn Selbstbefruchtung stattfindet, dieselben Gesetze herrschen, denen Bastarde unterworfen sind, dass dann die Samen oft weniger zahlreich und fortpflanzungsfähig sind. Ferner sind bei Insectenblüthen mit gleichzeitig reifen Geschlechtsorganen viele Beispiele bekannt, bei denen die Stellung der Pollen zur Narbe oder mechanische Hindernisse oder verwachsener Pollen Selbstbefruchtung unmöglich machen oder erschweren, z. B. *Asclepiadeen*, *Orchideen*, viele *Labiaten* und *Papilionaceen*, wo, wie bei letzteren der Griffel oft über die tieferstehenden oder verborgenen Antheren hinausragt. Axell nennt diese Einrichtung, wodurch Selbstbefruchtung unmöglich gemacht wird, Herkogamie. Bei diesen Blüthen ist ein Anlockungsmittel oft am meisten ausgeprägt: das der Anflugfläche, auf der den willkommenen Besuchern ein Ruheplatz geboten wird.

Die zygomorphen Blüthen dürfen wir als passendsten Erhaltungszustand insofern auffassen, dass die unterseitigen lippenartigen Vorsprünge des Perianthium als Anflugfläche für befruchtende Insecten dienen, während die oberseitigen, meist helmartigen Vorsprünge als Regendach zum Pollenschutz zu verstehen sind. Seitlich zygomorphe Blüthen giebt es nicht. Diese Ansicht wird bestärkt durch gewisse zygomorphe *Orchideen* etc., bei denen in der Knospenlage die Stellung der helmartigen und flachen Vorsprünge der Corollen eine umgekehrte ist, weil diese Stellung noch vor dem Aufblühen durch Drehung des Fruchtknotens sich ändert, sodass die gewölbte Hälfte als Wetterdach nach oben die ebene als Anflugfläche für Insecten nach unten zweckpassend zu stehen kommt. — Dadurch, dass eine Biene sich auf ihrem Ruheplatz anstrengen muss, um den Nectar herauszuholen, werden die oft verborgenen Staubblätter hervorgeschnellt, welche an dem haarigen Körper dieses Thieres ihren Pollen haften lassen und bei weiteren Bewegungen einer Biene springt, veranlasst von deren Gewicht, auch der eingeschlossene Griffel heraus und treffen dessen Narben an den der Biene anhaftenden Pollen, wodurch Befruchtung vermittelt wird oder vielmehr, da erst durch eine zweite Biene der Griffel befreit wird, meist Fremdbefruchtung stattfindet. Doch giebt es namentlich bei *Papilionaceen* ausserdem noch verschiedene complicirte Einrichtungen behufs Insectenbefruchtung: bei *Trifolium*, *Onobrychis*, *Melilotus* etc. treten die Staubblätter und Narben nach jedem Insectenbesuch wieder in das Schiffchen zurück, sodass öfterer Bienenbesuch möglich ist; bei *Lotus*, *Anthyllis*, *Ononis*, *Lupinus* existirt sogenannte Pumpeneinrichtung, die den Pollen in einzelnen Portionen aus der Spitze des Schiffchens presst; *Lathyrus*, *Vicia*, *Pisum*, *Phaseolus* haben

\*) Vergl. Ch. Darwin, Kreuz- und Selbstbefruchtung, Cap. IX.

Fegehaare am Griffel. Bei den meisten *Orchideen*, die sich infolge des nicht pulverigen Pollens nicht selbst befruchten können, ist die Unterlippe am ausgeprägtesten; dort dienen besondere Klebdrüsen am Gynostemium dazu, die Pollenmasse bei Berührung des Insectes herauszuziehen, an den Kopf des letzteren anzukleben, wonach das Thier die Pollenmasse in der nächsten zu besuchenden Blüthe an der Narbe unwillkürlich haften lässt.

Im Allgemeinen besitzen die niedrig organisirten Phanerogamen dikline Windblüthen, die etwas höher stehenden Zwitterblüthen mit Selbstbefruchtung, die höchst organisirten Pflanzen Insectenblüthen. Ja, es kann durch regelmässige Fremdbefruchtung ein Zurückkehren zum Diklinismus stattfinden, d. h. es bilden sich bei hoch organisirten Blüthen getrennte Geschlechter durch Verkümmern aus, z. B. bei *Asparagus*, *Ribes alpinum*, *Gnaphalium dioicum*, *Rhus cotinus*, *Melandrium album*. Für letztere Art ist die Thatsache insofern recht beweisend, dass die rudimentären Pollenblätter durch einen Brandpilz *Ustilago antherarum* die Gestalt normaler Antheren erhalten. — Auch kennt man Einrichtungen in Blüthen, wo erst bei ausbleibendem Insectenbesuch Selbstbefruchtung stattfindet: *Stellaria graminea*, *Rhinanthus minor*, *Malva rotundifolia*, *Geranium*-arten biegen dann ihre Narben zu den Pollen abwärts, oder wie z. B. bei *Melampyrum pratense*, die Narben senken sich bis in die Fall-Linie des Pollens. Bei *Myosotis*, *Lithospermum*, *Cruciferen* krümmen sich die Staubblätter erst bei ausbleibender Fremdbefruchtung über die Narben. Hierher dürfen wir auch die kleistogamischen Blüthen von *Viola*, *Salvia*, *Lamium* u. s. w. zählen, die sich selbst befruchten, während deren offene, normalen Blüthen durch Insecten befruchtet werden. — Manche Blumen sind infolge Anpassung an zweierlei Insecten zweigestaltig; so wird *Iris Pseudacorus* einmal durch Hummeln befruchtet; dann steht jedes Griffelblatt 6—10 mm. von dem gerade unter ihm befindlichen Blumenblatte ab, während die andere Form an eine Schwebfliege *Rhyngia* angepasst ist und Griffel- und Blumenblatt dichtenliegend besitzt. Ebenso zeigen viele gleiche Arten geringe Verschiedenheiten im Blüthenbau, je nachdem sie z. B. in Deutschlands Ebenen wachsen, wo sie mehr von Bienen befruchtet werden oder je nachdem sie in den Alpen durch Schmetterlinge erhalten werden. — Eine besondere Erwähnung verdient die frühzeitig bekannte Befruchtungsart bei *Vallisneria spiralis*; deren weibliche Blüthen heben sich auf spiraligen Stielen ausschliesslich behufs Befruchtung bis an die Wasseroberfläche und versinken nach derselben wieder; die Frucht bildete sich am Grunde der Gewässer aus. Zur Blüthezeit lösen sich die männlichen Blüthen von ihren Stielen in der Wassertiefe ab, öffnen sich erst, wenn sie auf dem Wasser schwimmen, wonach gelegentliches Zusammentreffen mit den Narben und Befruchtung stattfindet. Wie das Begegnen von Pollen und Narbe vor sich geht, habe ich leider nicht beobachtet, vielleicht vermitteln es auf dem Wasser laufende Insecten. — Manche Motten besorgen die Befruchtung regelrecht, d. h. sie transportiren Pollen zur Narbe und stopfen ihn in die Narbenhöhle; dies ist bei *Yucca* der Fall, wie Charles V. Riley mittheilte und geschieht seitens des Insectes, um Samen zu erzeugen, damit seine Larven davon leben; denn die Motten legen ihre Eier in das Ovarium des Fruchtknotens, sodass zugleich mit dem Samen sich das Thier darin ausbildet. Da indess die Kapsel einen grossen Ueberfluss von Samen erzeugt, ist dieser Befruchtungsmodus, wobei höchstens der 10. Theil Samen verloren geht, der Pflanze von Vortheil. In einer ähnlichen gegenseitigen Abhängigkeit befinden sich nach R. White Eulenmotten der Gattung *Dianthoecia* mit *Lychnis*- und *Silene*-Arten. — Ich komme auf die Befruchtungs-

verhältnisse noch öfter zurück, wenn ich die eigentlichen Schutzmittel der Pflanzen und die Entstehung der Schutzmittel behandle.

Nun seien in Anschluss an Dr. Hildebrand's Arbeit die Verbreitungsmittel der Pflanzen besprochen. Hildebrand hat zuerst dies Thema zusammenhängend behandelt; ich benutze diese Gelegenheit, um es weiter auszuführen und einige bisher unbeachtete Verbreitungsmittel hinzuzufügen. Sind die Blumen mehr oder minder mit Einrichtungen versehen, welche die Insecten zum Besuch anlocken, damit Befruchtung veranlasst werde, so sehen wir bei den Früchten Eigenschaften, die offenbar dazu dienen, sie an einen entfernten Ort zu bringen. Dies ist von Vortheil für die Pflanzenarten, weil sie dann günstigere Wachstumsbedingungen vorfinden, als in unmittelbarer Nähe. Wachsen zahlreiche Individuen einer Art eng beisammen, so entzieht jedes dem Boden dieselben Bestandtheile und alle würden schliesslich durch gleiche Aussaugung des Substrates kränkeln. Es ist nur ein andauerndes dichtes Wachstum von verschiedenen Pflanzen denkbar, deren jede dem Boden andere Bestandtheile entzieht und im Herbst durch Laubfall verschieden wiedergiebt. Aus demselben Grunde befolgt der Landmann die Dreifelderwirtschaft und hilft entkräftetem Boden durch Düngung auf. Ausserdem, meint Hildebrand, dürfte ein mit Veränderung verbundener geringer Klimawechsel der neuen Pflanze nützlich sein. Beweisen lässt sich dies kaum. Im Gegentheil scheint mir, dass Verbreitungsmittel, weil sie die Pflanze an Orte bringen, wo sie die ihr zusagenden Nährstoffe im Boden und in der Luft, passende Temperatur und Feuchtigkeit oder Beleuchtung, die zu ihrer Befruchtung nöthigen Insecten oder die ihr feindlichen Thiere nicht findet, zur Variation Veranlassung geben, indem sich schliesslich nur den neuen Bedingungen passende neue Formen erhalten. Damit sei keineswegs die Migrationstheorie als unfehlbar hingestellt; Variation und Entstehung von Arten findet auch ohne Wanderung statt.

Doch sehen wir uns einmal einige Folgen von Wanderungen an: ich werde später bei den Schutzmitteln an Kerner's Beobachtung zu zeigen haben, wie auffallend sich die Wasserform des *Polygonum natans* verändert, wenn es am Lande wachsend vom Wasser nicht mehr gegen aufsteigende Insecten geschützt ist, wie es drüsenhaarig wird und sich aufrichtet. Umgekehrt verlieren viele Pflanzen die sie gegen ankletternde Insecten schützende Behaarung, sobald sie auf salzhaltigen Boden kommen und zu Halophyten werden. Salzpflanzen werden von Ameisen u. s. w. meist verschont, weil ihnen der Saft beim Fressen sowohl, als wenn sie die Epidermis mit ihren Füßen ritzen, sodass er ausfließt, zuwider ist. Es nehmen die Pflanzen anorganische Bestandtheile, Alkalisalze aus dem Boden oder aus mit Salzwasser geschwängelter Luft auf und letztere haben die Eigenschaft, das Wasser fest zu halten und mehr anzuziehen, als die austrocknende Luft. Weil nun das Kochsalz nicht zu organischen Verbindungen in der Pflanze umgeändert werden kann, häuft es sich im Organismus an; dadurch entsteht aber eine Anschwellung des Saftes, eine Spannung der Zellen und Ausdehnung des Gewebes sammt der Epidermis, welche infolge dessen ihre ausgewachsenen Zellen, die Haare, möglichst breitzieht, soweit die Behaarung nicht ganz verschwindet. Die merkwürdigen Schuppenhaare der *Chenopodium*- und *Atriplex*-Arten dürften derart entstanden sein. Nun ist aber die fleischig gewordene Pflanze nicht mehr gegen ankletternde, Nectar raubende Insecten, besonders Ameisen, welche der Fruchtentwicklung hinderlich sein würden, geschützt; aber, wie erwähnt, vermeiden Ameisen Salzpflanzen wegen des Saftes, und auch der Nectar wird wohl salzig sein; andererseits sind die Stengel und

Blätter der *Halophyten* meist so glatt, dass aufkletternde Insekten beim Versuch abgleiten. *Lotus corniculatus* wird derart zu *L. tenuifolius*; ebenso sind viele strandliebende *Dolichos*-Arten fleischig und kahl und entfernt vom Strand minder oder nicht fleischig und behaart; *Matricaria inodora*, *Armeria vulgaris*, *Samolus Valerandi*, *Tetragonolobus Siliquosus*, *Anthyllis Vulneraria* etc. und selbst *Salsola Kali* sind nur auf Salzboden fleischig. Pflanzen, die nicht direct das Salz aus dem Boden aufnehmen, sondern aus dem gegen sie anspritzenden Meereswasser, sehen wir oft an steilen Felsen wachsen, so erwähnt Kerner z. B. *Cakile maritima*, *Crithmum maritimum*, *Inula crithmoides*, *Euphorbia Pinea*, *Statice cancellata*, *Lotus cytisoides*; auch die *Cocospalme* kann Salzboden leicht entbehren, nicht aber feuchte Seeluft, die wenigstens nach bewegter See mit aufgepeitschtem Salzwasser geschwängert ist. Ich citire diese Beispiele von *Halophyten*, weil Pflanzen dabei sind, deren Verwandte Insectenblüthen haben, um zu Untersuchungen anzuregen, ob bei diesen *Halophyten* Selbstbefruchtung stattfindet. Es sind *Halophyten* mit Insectenblüthen überhaupt selten; viele Pflanzen werden mit Salz gedüngt fleischig und kahler, aber der vermuthlich versalzene Nectar verhindert die Insectenbefruchtung; deshalb erhalten sich Insectenblüthler wahrscheinlich meist nicht auf Salzboden.

Hildebrand sieht auch einen Zweck der Verbreitungsmittel der Pflanzen in Vermeidung der Inzucht; indess wo Pflanzen dicht zusammengebaut werden oder nahe beisammen wachsen, findet am wenigstens Inzucht statt, weil Fremdbefruchtung den Insecten dadurch sehr bequem gemacht ist oder durch Wind sicherer stattfindet.

Die Ursachen der Verbreitung sind: Wind, Wasser, Thiere; letztere entweder, insofern Früchte sich ihnen äusserlich durch Haken, Stacheln oder Klebstoffe anhängen oder aber, nachdem sie von ihnen gefressen sind, unzerstört wieder mit den Excrementen abgeführt werden. Bei Samen gewisser *Crataegus*-Arten und von *Rubus* ist es durch Cultur erwiesen, dass sie nur leicht keimen, wenn sie den Vogelleib passirten. Die ungeheure Verbreitung der *Guava* (*Psidium*) in den Tropen rings um die Erde lässt sich nur so erklären; *Polygonum chinense* ist in allen tropischen Wäldern Asiens eine gemeine Pflanze, die aber als unechter Epiphyt vorzugsweise auf Bäumen lebt; diese Art hat blauschwarze, schleimig-süssliche Beeren\*), die von Vögeln gern gefressen werden; ebenso die Feigenbäume keimen meist in Blattachsen anderer Bäume, wohin deren kleine Samen nur von Vögeln gebracht sein können. Wie W. O. Focke zeigte, finden sich auf ozeanischen Inseln, z. B. den Azoren und Madeira, fast ausschliesslich beerentragende Hölzer, was nur infolge Einführung durch Vögel erklärlich ist. Auch manche Pilzsporen, z. B. von *Ascobolus* keimen erst, wenn sie durch den Pferdema gen gegangen sind. — Ferner ist das Austrocknen der Früchte ein Verbreitungsmittel, wenn dadurch die Samen ausgeschleudert werden. — Mitunter werden auch vom Wind ganze Pflanzen, die sich wie *Anastatica hierochuntica* im Orient und *Selaginella lepidophylla* getrocknet kugelig zusammenziehen, sammt den Samen mit fortgetragen. Manche kleine *Astragalus*-Sträucher der mittelasiatischen Steppen verhalten sich ähnlich, auch manche unsrer *Umbelliferen* ballen die Dolde zur Fruchtzeit kugelig zusammen

\*) Diese gemeine asiatische Tropenpflanze und mehrere verwandte Arten sollen keine Beeren haben; wenigstens steht davon in den meisten systematischen Büchern nichts; es ist dies aber nur ein Zeichen, wie mangelhaft Beschreibungen nach getrockneten Exemplaren ausfallen können.

und sind dann derart transportfähig. — Was das Wasser anbetrifft, so hat Darwin es zuerst als Verbreitungssagens am ausführlichsten zur Besiedelung der Inseln besprochen; doch ist es seinem Scharfblick entgangen, dass der jetzt den Samen so schädliche Salzgehalt des Meeres früher fehlend war; denn das Salz wurde erst infolge Auslaugung verwitternder Felsen, durch Regen mit den Flüssen spärlich ins Meer gebracht, wo es sich erst nach und nach ansammelte; ich folgere daraus, dass die Samenverbreitung durch's Meer früher unter günstigeren Bedingungen stattgefunden haben muss. Wenn wir uns die Erde früher mit Wasser gleichmässiger bedeckt denken, als jetzt — eine allgemein angenommene Ansicht — und dieses Meer infolge des fehlenden Salzes mit einer reichen Vegetation bewachsen, so haben wir eine ungezwungene Erklärung der im Allgemeinen gleichartigen Verbreitung der meisten Pflanzenfamilien. Nicht blos, dass die Verbreitung durch Wasser eine unbegrenzte war, die Vegetation selbst bildete eine die Continente verbindende Brücke, auf der Wind und gewisse Thiere die Verbreitung schrankenlos vermitteln konnten. Nimmt man die allmähliche Entwicklung der Organismen aus der niedersten Stufe, dem Plasma, der Zelle an, so muss die älteste Vegetation lange Zeit eine reiche, im Wasser lebende gewesen sein, denn die Verwitterungsprodukte der Felsen, die Landpflanzen Nahrung und Halt gewährten, bildeten sich erst im Verlauf der Jahrmillionen. Dass diese Vegetation uns nicht erhalten blieb, liegt daran, dass fast nur Pflanzen, die Schutzmittel gegen Thiere zeigten, sich erhielten, indem nur solche Pflanzen sich petrefactisch erhalten können. — Man darf sich die früheren Meere nicht derart von Meeresströmungen und Winden stark bewegt denken, als es jetzt der Fall ist. In der Zeit, als es allenthalben gleichmässiges Klima gab — und dies war zur Zeit des salzfreien Meeres der Fall — konnte es wegen gleicher Erwärmung der Meere keine von Norden nach Süden und umgekehrt gehende Meeresströmungen geben und gab es höchstens Monsunwinde, die also ein Product der Erdumdrehung und Sonnenwende sind und während einer Jahreszeit beständig in dieser Richtung, die andere Jahreszeit in umgekehrter Richtung wehen. Dagegen sind nach dieser Zeit, als auch das Meer so salzig wurde, dass dessen Vegetation fast ausstarb, die Land- und Seewinde sowohl als die Zonenwinde entstanden. Ich will durch Darlegung dieser Verhältnisse nur zeigen, dass in solchen salzfreien und wenigbewegten Meeren selbst schwimmende Wälder existiren konnten und aus den massenhaften *Stigmarien*, den mit blattartigen Schuppen dicht bedeckten Schwimnwurzeln jener Riesenpflanzen, müssen wir schliessen, dass zur Steinkohlenperiode solche Wälder vorhanden waren, weil die Bildung dieser Wurzeln — oder vielmehr des wurzelähnlichen Stammes — nur zum Schwimmen eingerichtet war und solche einfache Wurzelblätter, die den Stammblättern der *Lycopodien*, der *Lepidodendren* und *Sigillarien* so ähnlich sind, sich nicht in der Erde finden und erhalten konnten. Es geht die enorme Vegetation früherer salzfreier Ozeane auch daraus hervor, dass die zahlreichen *Calamarien* noch keine eigentlichen Wurzeln besaßen; sie waren riesige Schilfpflanzen, manche mit Haftorganen anstatt Wurzeln, wie sie die grossen Tange besitzen; deren Blätter schwammen in und auf dem Wasser, wie ihre Nervatur beweist; sie erhoben sich nur zum Theil über Wasser baumartig<sup>\*)</sup>. Dies giebt uns dann ein klares Bild von einer die Continente

<sup>\*)</sup> Uebrigens lässt sich aus den Lagerungsverhältnissen der Steinkohlen kaum ein anderer Schluss ziehen, als dass die Steinkohlenpflanzen im Meer selbst wuchsen, und dies bedingt wiederum, dass das Meer salzfrei war. Einerseits zeigt die starke Ausdehnung mancher Kohlenlager, wie z. B. des Pittsburger Flötzes, das 900

und Inseln verbindenden Pflanzenbrücke und von der Samenverbreitung auf derselben. Der Wind konnte Samen von Ruhepunkt zu Ruhepunkt weiter-

deutsche Quadratmeilen einnimmt (vergl. Credner Geologie II. Aufl. S. 245, dass die Kohlen sich an solchen Standorten ablagerten, wo deren Pflanzen wuchsen, wofür auch die Gleichmässigkeit in Bezug auf Dicke jeder Schicht und deren parallele Ablagerung spricht; andererseits beweisen die vielen abwechselnden Schichten von Kohlen, Schieferthonen, Sandsteinen, Kohlenkalken, z. B. in Nova Scotia, wo eine 4700 Meter starke Schichtenreihe ist, in der 76 Kohlenhorizonte mit vielen aufrechten Stämmen sich befinden, dass die Ablagerung im Meere selbst ruhig vor sich gegangen ist. Wären Steinkohlenpflanzen Sumpfbewohner gewesen, so müssten periodische Hebungen und Senkungen, z. B. in Nova Scotia 76 Mal hintereinander an derselben Stelle stattgefunden haben, es müsste nach jeder Köhlenablagerung und Bildung, die nur unter Wasserabschluss und folgender Thonüberlagerung stattfinden kann (eine dünnere Thondecke dürfte insofern auch durch eine dicke Schicht feinen Sand ersetzt sein, bemerkte mir Prof. Credner), das Meerwasser wieder zugeströmt sein; dabei sollten sich dennoch in den darauf lagernden Thonen u. s. w. trotz der heftigen Wasserbewegungen die Blattreste der Steinkohlenpflanzen und gar aufrechte Stämme eingebettet haben! Das Meer, welches also salzig gewesen sein soll, soll an derselben Localität, nachdem sie sich der üblichen Erklärungsweise gemäss repetirlich wieder gehoben, dieselbe Vegetation wieder entwickelt haben, trotzdem die Vegetationsbedingungen durch den pflanzenfeindlichen Salzgehalt des Meeres in jenen Sümpfen, worin man sich Steinkohlenpflanzen wachsend dachte, total verändert gewesen sein müssten! Sind diese Combinationen wohl möglich? Wie einfach ist dagegen meine Erklärung: das Meer war salzfrei, mit reicher Vegetation bedeckt, die sich, wie heutzutage das *Sphagnum*, absterbend auf dem Meeresgrunde ablagerte, dort theilweise vermoderte und infolge gleichzeitiger Ablagerung von Thon als Kohle conservirt wurde. Der Wasserwald war aber nicht ortsbeständig, wie es der Laubwald ist; die repetirenden Monsune bewegten ihn langsam eine Jahreszeit lang an bestimmte Orte, wo dann mehr Ablagerung von Kohle stattfinden konnte, während an den dadurch einstweilen von Vegetation entblösten Gebieten sich bedingungsweise mehr oder minder Thon u. s. w. ansammelte; deshalb sind wechselnde Thon- und Kohlenschichten meist dünn; nur in ruhigen Meeresbusen, wo Wasserströmungen wenig Einfluss hatten, konnten starke Kohlenlager sich bilden.

*Stigmarien* halte ich übrigens nur zum kleinen Theil für wurzelähnliche Gebilde; es ist eine absurde Erklärung, dass manche Steinkohlenlager fast nur aus „Wurzeln“ bestehen sollen; es waren zum Theil die Vorläufer der *Lepidodendren* und *Sigillarien*, aus denen sich letztere baumartig erhoben und entwickelten; Steinkohlenpflanzen sind überhaupt noch gar nicht hoch organisirt, besitzen noch keine echten Landwurzeln, allenfalls Schwimmrhizome. Ferner weist das heutige seltener Vorkommen der süsswasserliebenden *Rhizocarpeen*, z. B. *Salvinia*, *Marsilea*, *Pilularia*, *Isoetes*, *Ophioglossum*, *Azolla* darauf hin, dass eine unbeschreibliche Menge der verschiedenartigsten Wasserpflanzen früher existirt haben muss, welche die Uebergangsstufen von Moosen zu höchsten Farnen waren. Ebenso die Mittelformen von Algen über Lebermoose zu Moosen konnten nur Süsswasserbewohner sein, die, so massenhaft sie gewesen sein dürften, doch spurlos in den Sedimentärgesteinen verschwinden mussten; auch die etwas mehr bis in unsere Zeit erhaltenen calamarienartigen Pflanzen, die *Equiseten*, sind meist Süsswasserformen. Die moosähnlichen *Selaginellen* mit trichomatigen Stelzenwurzeln bewohnen feuchte Stellen und die *Lycopodiaceen* sind aus dem ursprünglichen Standorte, dem Wasser verdrängte epiphytische Formen. Auch bei den übrigen Farnen sprechen eine Menge Eigenschaften dafür — namentlich weil ihre Befruchtung auf der Unterseite des Prothallium nur durch Wasservermittlung geschieht —, dass ihre directen Vorfahren Wasserpflanzen waren. Alles weist auf eine enorme Wasservegetation, nichts auf eine Landvegetation zur Zeit der Steinkohlenperiode hin. Es widerspricht sich aber ferner, dass diese Süsswasservegetation auf dem Lande in Sümpfen gewachsen und von dort so massenhaft in's Meer geschwemmt worden sei, um Kohlenlager veranlassen zu können, weil, wenn das Wasser abfloss, auch dessen schwimmende Vegetation nicht existiren konnte. Dann aber muss die damalige Vegetation im Meer selbst gewesen sein. — Kohlenlager bildeten sich überhaupt nur da, wo deren

transportiren und infolge der constanten Luftbewegungen musste die Vegetation der Erde allenthalben eine gleiche sein. Auch amphibienartige und kriechende Thiere verbreiteten die Samen bequem übers Meer, indem sie selbst oft Ruhepunkte fanden. — Ausserdem darf man sich nicht vorstellen, dass aus Wasserpflanzen direct Landpflanzen wurden. Wie heutzutage der Tropenwald in den Laubkronen eine reiche Vegetation von falschen Epiphyten, von unechten Schmarotzerpflanzen, die ihre Nahrung nicht aus anderen Pflanzen etwa saugen, sondern aus der Luft und dem in den Astwinkeln der Bäume sich ansammelnden verwesenden Laub entnehmen, beherbergt, eine krautige Vegetation, die zuweilen reicher ist, als die des Erdbodens im finstern Urwald, derart, vermuthlich aber in noch reicherm Maasse waren diese vorweltlichen schwimmenden Wälder mit den Vorgängern der niedrigen Landvegetation bevölkert. Die Pflanzen, welche krautig sich zuerst dem Epiphytenleben anpassten, waren dadurch der Vernichtung durch die zahllosen Thiere des früheren Süsswassermeeres entronnen und konnten die Ahnen künftiger Geschlechter werden; sie entwickelten Luftwurzeln, die sich noch am besten eigneten, als die Samen dieser Pflanzen auf das Festland verbreitet wurden, im noch humusfreien Detritus der Felsen sich festzuhalten und in gewohnter Weise weiter zu vegetiren. Sie lieferten erst nach unendlich langen Zeiträumen auch Humus in den Detritus (in den Felsengrus) und bereiteten so die Bedingungen für eine stärkere Landvegetation vor; doch hat sich die letztere am üppigsten erst auf gehobenem Meeresboden mit trockengelegtem Meeresschlamm entwickeln können. Waren die Wasserpflanzen des salzfreien Urmeeres zwar gross, baumartig geworden, hatten horizontal weit ausgedehnte, dichotome Wurzeln erhalten, so konnten sich doch nur wenige dem Landleben anpassen und deshalb sehen wir von *Gymnospermen* und *Monocotylen*, die meist derartige Wurzeln haben, nur wenige baumartige Geschlechter erhalten; sie modificirten sich wenig, theils weil sie wie die *Gymnospermen* schon zu gross waren, theils schon Schutzmittel gegen Thiere, Holz und Borke, besaßen, während die aus den Epiphyten entsprossenen Nachkömmlinge als einfachere, ungeschützte Formen sich auf dem Lande mannichfaltiger und zu höherer Stufe ausbilden konnten und auch mussten, weil sie ungeschützter mehr Vernichtung fanden; sie erhielten meist in die Tiefe dringende Hauptwurzeln, die gegen Wind und gegen das früher über die kahlen Felsen heftig abströmende Regenwasser den Landpflanzen nöthiger waren und noch sind und treten uns als *Dicotylen* entgegen. Waren die *Gymnospermen* zuerst baumartig entwickelt, drangen sie in die Sümpfe ein und wucherten die Epiphyten zugleich im Felsengrus, so fanden die viel später auf das Land einwandernden fluthenden oder sich wenig über Wasser erhebenden Meerespflanzen erstere bereits so stark verbreitet und gekräftigt, als dass sie ihnen viel Platz hätten abringen können. Dadurch erklärt sich, dass die *Monocotylen* minder zahlreich sind als die *Dicotyledonen*, dass erstere mehr als reducirte — wie ich von Gräsern z. B. noch zeigen werde —, letztere mehr als aufsteigende Formen auftreten und dass diese zwei Abtheilungen des Pflanzenreiches ziemlich auffallend geschieden sind; die *Monocotylen* konnten daher

Pflanzen wuchsen; zwischen Steinkohlen finden sich aber Reste ozeanischer Thiere. Und noch eins, wenn die Steinkohlenpflanzen Landbewohner gewesen wären, müsste es damals nicht auch echte Landthiere gegeben haben? Es existirten aber allenfalls wohl Schnecken, Kakerlaken, Amphibien, sonst nur echte Wasserbewohner.

auch nicht quantitativ so häufig existiren, Wälder bilden, wie die *Gymnospermen*, die als die ältesten, am meisten geschützten Auswanderer auf niederer Stufe stehen blieben. Es erklärt sich durch Salzigwerden der Ozeane der Untergang der Steinkohlen liefernden schwimmenden Wälder, deren Riesengestalten sich als solche nicht dem Landleben anpassen konnten; sie starben bis auf zwergige *Equiseten*, *Lycopodien* und *Farne* deshalb aus; nur wenige grosse Formen zogen sich in Sümpfe zurück, sodass Kohlenablagerungen selten wurden; lange Zeiträume mussten vergehen und vergingen, ehe aus kleinen ursprünglich epiphytischen Pflanzen sich Landpflanzen bis zur Baumform entwickelten, sodass häufiger Braunkohlenlager daraus resultiren konnten. Minder grosse Coniferen scheinen zuerst und bereits baumartig von jener ungeheuren Meeresvegetation in Landsümpfen Verbreitung gefunden zu haben, nicht bloß, weil sie uns als primitiv und grosse Gestalten mit niederer Organisation und Wasserwurzeln erscheinen, sondern auch weil sie in den Tropen und Subtropen noch heutzutage als Sumpfpflanzen zuweilen waldbildend auftreten. Man entschuldige, dass ich diese Sätze, soweit sie Schutzmittelfolgerungen betreffen, jetzt schon hierher stelle. Zur Erklärung der Pflanzenverbreitung in früheren Zeiten musste ich es indess thun.

Ausserdem sind als Verbreitungsmittel die Ausläufer zu erwähnen, seien sie unterirdische, wie bei *Equisetum arvense*, *Triticum repens*, *Carex arenaria*, *Typha*, *Mercurialis perennis*, *Convolvulus arvensis*, *Trientalis*, denen sich auch ein unterirdischer kriechender Stamm oft gleich verhält, wie der häufige aber fruchtlose *Calmus* beweist, den ich übrigens auch auf Java nicht in Frucht fand, oder seien die Ausläufer oberirdisch, wie z. B. bei *Lysimachia nemorum*, manchen *Viola*- und *Fragaria*-Arten. Eine eigenartige Verbreitung, die an Ausläufer erinnert, indem die unteren Zweige lang laufen, besitzt *Arachis hypogaea*; hier wurzeln die Zweigenden nicht ein, wohl aber vergräbt sich die Frucht gleich nach dem Verblühen in den Erdboden, wo sie bleibt und einer neuen Pflanze das Leben giebt. Man kann dies zugleich als ein Schutzmittel der Frucht gegen Thiere auffassen; auch manche *Viola*- und *Crocus*-Samen reifen unterirdisch. Ich möchte unterirdische Ausläufer zugleich als ein Schutzmittel gegen weidende Thiere betrachten; nur dadurch retteten sich manche Pflanzen vom Untergang. *R. idaeus* ist derart geschützt; andre *Rubus*-Arten haben dagegen starke Stacheln und demgemäss keine laufenden Rhizome oder Wurzeln mit Knospenbildung. Zuweilen dient letztere Eigenschaft auch als Schutzmittel gegen Wasserverheerung, wie denn überhaupt bei sonst schutzmittellosen Sumpfpflanzen — Ausläufer am häufigsten auftreten. Bei *Equisetum arvense* ist dies offenbar eine von Vorfahren ererbte Eigenschaft, denn diese waren nur Sumpfpflanzen. — Aehnliche Verbreitungs-Erfolge erzielen *Jasminum nudiflorum*, *Lithospermum purpureo-coeruleum* und manche *Rubus*-Arten dadurch, dass sie anfangs ruthenförmige Stengel haben, mit deren Spitzen sie später einwurzeln und von da aus neue bogige Stengel treiben. Ein interessantes Beispiel dafür, dass letztere Art der Verbreitung zugleich als Schutzmittel gegen Wasserverheerung sein kann, ist *Rubus dumetorum*, ein Bastard, welcher sich an Orten, z. B. Flussufern, erhält, wo dessen Eltern, *R. caesius* und *R. fruticosus*, durch Ueberschwemmungen vertilgt werden. Erstere Art hat zu schwache Stengel, letztere aufrechtwachsende Art ist zwar stärker, wurzelt aber nicht mit den Stengelspitzen ein; der Bastard hat kräftige, mittelhochbogige Stengel und wurzelt mit deren Enden ein; er trotzt den Ueberschwemmungen, während die Eltern dadurch meist ver-

nichtet werden, sodass man diesen Bastard oft an Flussufern, an Gebirgsbächen ohne die Eltern, ja stellenweise häufiger als die Eltern findet. — Haben wir die kriechenden Stämme, Ausläufer und Wurzeln als Verbreitungsmittel, dann als Erhaltungsmittel gegen weidende Thiere, ferner als Schutz gegen Wasserfluthen kennen gelernt, so wollen wir sie nun auch als Schutz gegen die Witterung betrachten. In alpinen und polaren Regionen gingen und gehen alle hohen aufrechten Pflanzenformen zu Grunde, weil sie die Schneelast nicht ertragen können, und weil nur solche Formen sich erhalten, die liegend oder laufend vom Schnee bedeckt dadurch ein verhältnissmässig warmes Winterkleid bekommen, während die hohen Pflanzen ohne Schneedecke bei starken Frösten erfrieren. Ferner können aber in polaren Gegenden die Wurzeln wegen des mächtigen Bodeneises nicht tief eindringen und nur solche Pflanzen können dort wachsen, die an der Bodenoberfläche wachsend entweder rasig sind oder, wenn holzig, flach hinlaufen, sodass sie bei Eintritt der Besonnung, wodurch der Boden wenig aufthaut, schnell ihre Blüten und Früchte entwickeln können.

Hier reiht sich die Verbreitungsart der tropischen Feigenbäume und *Rizophoren* an, die aus dem Stamm oder den untersten Zweigen Luftwurzeln entsenden, welche, wenn sie zur Erde kommen, einwurzeln, sodass die anfängliche Luftwurzel durch ferneres Wachsthum zu einem starken Stamm werden kann, der die Verbreitung peripherisch vom Mutterstamm weiter ausführt. Indess sind die altgriechischen Erzählungen, dass ein Heer von 5000 Mann unter einem solchen Feigenbaum — *Banyane* — gelagert habe, Uebertreibungen; die Luftwurzeln wurzeln nämlich bei *Ficus* nur unter günstigen Umständen ein, wenn der Boden feucht und weich und sonst wenig bewachsen ist. Im Urwald trifft man derartig ausgedehnte Pflanzen, deren jede einen Wald für sich darstellen könnte, nie an, weil die andren Bäume die Ausdehnung eines einzelnen Exemplares verhindern und an waldlosen Stellen ist der Boden und das Klima den grösseren Theil des Jahres in Vorderindien dürr, sodass unter 1000 Luftwurzeln kaum eine freiwillig den Boden erreicht und einwurzelt; wohl aber helfen und helfen Hindu diese von ihnen geheiligten Bäume derart ausbreiten, indem sie die Luftwurzeln durch lange Bambusrohre ziehen und so vorm Vertrocknen schützen und ihnen, wenn sie lang genug sind, den Boden zum Einwurzeln nass und locker machen. Unter günstigen Umständen kann allerdings aus einen winzigen Feigensamen, den ein Vogel mit seinem Koth auf irgend einem Baum fallen lässt, zunächst ein epiphytischer Baumwürger, dann ein mächtiger Feigenbaum werden, der sich auf ein Areal von 100 Schritt Durchmesser ausbreitet; im Ganzen Grossen ist aber dieses Wachsthum ein ziemlich zwecklos gewordener, als unschädlich ererbter Charakter, aus einer Zeit stammend, wo Feigen noch Sumpfgewächse waren, wie die *Rhizophoren* noch heutzutage Lagunen infolge dieser Eigenschaft bewohnen können und so der Brandung des Meeres Trotz bieten. — Hier will ich auf einen Irrthum aufmerksam machen, der sich in die Literatur eingeschlichen und von Grisebach in seiner vortrefflichen Pflanzengeographie aufgenommen wurde: die *Rhizophoren* (die *Mangrove*-Form) werden nicht durch neue, aus der Krone keimende Individuen gestützt. Das Wachsthum der Luftwurzeln bei diesen Bäumen oder riesigen Sträuchern (*Sycomoren*) ist gar nicht abweichend von dem der Feigen: fast nur von den untersten, stärksten Aesten gelangen Luftwurzeln bis in den Schlamm, wo sie festen Fuss fassen und durch ferneres Wachsthum dick werden; nur manche, namentlich die kleineren Arten, bilden vorherrschend vom Stamm aus strahlenförmige oder besenartige Stammluft-

wurzeln. Die Samen keimen allerdings am Baume aus, indem sich umhüllte, 1—9" lange Blätter in Gestalt eines Stockes entwickeln; diese dienen aber abgefallen nur dazu, sich wie ein Stecken im Schlamme festzuhalten, damit Ebbe und Fluth sie nicht hinwegschwemmen. Die Gezeiten bewegen wohl Schiffe, aber nicht einen aufrechten Stecken im Schlamm!

Im Uebrigen haben die tropischen Feigenbäume fast stets flach ausgebreitete Wurzeln, die oft mit einem Halbmesser von 10—30' peripherisch um den Stamm sich eben ausbreiten, dabei gewebeartig mit einander verwachsen und wenig in die Erde eindringen, sodass sie, wie manche *Coniferen*, wenn sie isolirt stehen, leicht vom Wind umgeworfen werden; sie würden allerdings noch leichter umfallen, wenn sie diese horizontalen Wurzeln nicht hätten, denn dieselben sind immerhin ein Ersatz für tief in die Erde dringende Hauptwurzeln. Während nun die *Coniferen* durch dichte Waldbestände gegen Windschäden sich schützen, darf man bei Feigen die stützenden Luftwurzeln als Schutzmittel gegen Stürme auffassen; doch habe ich in Bengalen viele, oft mächtige Feigenbäume — vom Wind umgeworfen gesehen, namentlich solche, die isolirt wuchsen und wenig Luftwurzeln besaßen. Es ist beachtenswerth, dass diese Pflanzentypen, die im Ganzen und Grossen auf einer geringen Entwicklungsstufe stehen blieben und so gewissermassen vorweltliche Gestalten zeigen, gerade die flach ausgebreiteten Wurzeln am ausgeprägtesten erhalten haben. Diese aber erinnern an die *Stigmarien*, die schwimmenden Rhizome der ozeanischen Wälder der Steinkohlenperiode.

*Coniferen*, die fast stets gesellig wachsen, sind hierdurch vor Windschäden geschützt; bricht einmal ein Orkan in solchem Wald eine Lücke, so ist der Untergang des Waldes begonnen, wie wir es z. B. am bairischen Wald sehen, der im letzten Decennium aufgehört hat, Urwald zu sein. — Finden wir *Coniferen* vereinzelt, so fallen sie leicht um, sodass sie immer seltener werden, wie z. B. die *Canadabalsamtanne* in den Rocky-Mountains und selbst die *Sequoia gigantea* ist nur in kleinen Beständen vorhanden, weil sie die andern Bäume sehr überragt, oft um 200 Fuss, und deshalb dem Wind mehr exponirt ist. Manche *Coniferen* sind aber auch selten, weil sie essbare Samen haben. *Coniferen*, die allein stehen, sind gegen den Wind zuweilen durch die horizontale wirtelige Stellung der Aeste geschützt. Derart kann der Wind unschädlich hindurch fegen; dies ist namentlich bei *Araucarien* der Fall, die in früheren Perioden häufiger waren. Gegen gleiche Ursachen sind die *Casuarinen* durch winzige, schuppige Blätter geschützt; auch sie sieht man vereinzelt auf grasigen Berg Höhen ausserhalb des Waldes wachsen. Die meisten heutigen Bäume schützen sich indess durch geschlossene Baumkronen, geselliges Zusammenwachsen und tiefergehende Wurzeln. Am auffälligsten sind rein horizontale wirtelige Baumäste bei *Eriodendron orientale* = *E. anfractuosum* var. *indicum*, die ich in Hinterindien viel sah, vorhanden. Die Aeste dieses Baumes sind so wagrecht\*),

\*) Wagrechte Aststellung ist bei japanischen *Coniferen* durch jahrtausendlange Cultur eigenartig fast constant geworden. Bekanntlich sind in Japan die niederen Hügel fast ausschliesslich mit angepflanzten Bäumen bewaldet. Besonders Bäumen, die zum Cultus dienen und solchen, die an den so beliebten künstlichen Teichen der Gärten und Höfe gepflanzt sind, wendet man ausserordentliche Pflege zu; man bindet alle jüngsten Aestchen stets mit Bambusstäbchen so an, dass sie alle wagrecht in einer Richtung wachsen und erzielt auf diese Art genau solche Etagen, wie sie *Eriodendron orientale* natürlich zeigt, nur dass die Aeste oft viel länger gestreckt sind. Frühere Naturforscher und Reisende haben dieses japanische Kunst-

dass man ihn auf Java als lebendige Telegraphenstangen benutzt. Er wurzelt nemlich unglaublich leicht; man braucht ihn nur abzuhacken und ins Erdreich zu stecken; seine Aeste wirken wegen ihrer merkwürdigen Stellung nicht störend auf die zwischen 2 Zweigwirteln befindlichen Telegraphendrähte und den electricischen Strom, was bei anderen Tropenbäumen stets der Fall ist. Eine grundverschiedene, aber oft damit verwechselte Species ist *Eriodendron anfractuosum*, var. *caribaeum* = *E. caribaeum*; diese hat keinen schmächtigen Pfahlstamm und keine enge, sondern eine mächtige, stark verzweigte Krone; sie ist einer der dicksten Bäume Westindien's, mit stark entwickelten, weit vorstehenden, schmalen, aufrechten Tafelwurzeln, die wie Strebepfeiler den Baum gegen Orkane schützen; ein Muster der *Bombaceen*bäume!

Wir sehen, wie die architectonischen Verhältnisse der Pflanzen von der Verbreitung einerseits bedingt werden und andererseits mit den Schutzmitteln gegen Wetterungunst eng verknüpft sind, zugleich aber auch aus der Abstammung, dann zuweilen minder vortheilhaft, resultiren; wir werden sie später auch noch als Schutzmittel gegen die Thierwelt durch geselliges Wachsthum der Pflanzen kennen lernen. Es sei mir noch gestattet, einige Worte über die Architectur der höchsten Bäume zu sagen.

Es sind dies bekanntlich *Sequoia*- und *Eucalyptus*-Arten; sie haben meist einen Pfahlstamm und sehr kurze oder anliegende Aeste. Wenn Bäume mit breiter Krone sehr hoch werden, haben sie ausserordentlich starke Stämme oder pfeilerartige Tafelwurzeln oder Einrichtungen, wie wir sie bei *Ficus* sahen. Die *Sequoia gigantea* hat zwar den stärksten Stamm, — ich habe vielleicht den stärksten bekannten Baum davon, *old faithful* genannt, in Manneshöhe mit 37 Meter Umfang gemessen — aber diese Bäume nehmen schon bei 10 Meter Höhe bedeutend an Umfang ab. Die *Populus pyramidalis*, eine Varietät der *Populus nigra*, wird infolge ihres schmalen Wachses viel höher als die Stammart und stürzt bei heftigen Stürmen, wenn sie an Landstrassen mit der breitkronigen *Populus monilifera* angepflanzt ist, viel seltner um, als letztere oder andere isolirt gepflanzte Bäume mit breiter Krone. Interessant dürfte die Mittheilung sein, dass ein Blending von erwähnten beiden Pappeln die Fähigkeit des grössten und schnellsten Höhenwachsthumes der in Deutschland gedeihenden Bäume besitzt. Während *Populus monilifera* einen viel schnelleren und üppigeren Wuchs als *Populus pyramidalis* hat, ist beider Bastard, der bei Schkeuditz unweit Leipzig häufig angepflanzt ist (ich habe ihn in meiner Flora von Leipzig beschrieben), viel höher als die Eltern; das üppige Wachsthum der canadischen Pappel vereinte sich mit dem schlanken Wachsthum der Pyramidenpappel und so sind Bäume entstanden, die 32,5 M. hoch wurden, trotzdem sie erst 12 bis

produkt als einen aussergewöhnlichen natürlichen Zustand öfter beschrieben und abgebildet. Jener zum Theil religiöse Gebrauch dürfte mit der Abstammung der Japaner innig zusammenhängen. Ich fand nemlich, dass sie vielmehr in Sitten und Gebräuchen sowohl, als auch in körperlichen Eigenschaften mit den indo-malayischen resp. indo-chinesischen Völkern harmoniren als mit den Chinesen-Mongolen, deren Sitten sie nachweislich erst in jüngerer Zeit annahmen. Nun ist gerade im Innern der hinterindischen Halbinsel *Eriodendron orientale* der Baum, der in jedem Dorf gepflegt und angepflanzt dem Reisenden zunächst auffällt, den man wegen seiner Eigenart immer wieder bewundert; ich betrachte die japanischen wachrechten Culturconiferen als Folge einer Reminiscenz der von dort (vielleicht über Formosa und die Liu-Kiu-Inseln) ausgewanderten Volksstämme an *Eriodendron*.

15 Jahre alt sind, während 3–4mal so alte Bäume der Elternarten dort erst ungefähr gleiche Höhe erreichen\*).

Nicht immer aber ist schlanker Wuchs als ein Schutzmittel gegen Wind zu erklären; denn in Wäldern, wo z. B. Erlen und Zitterpappeln sehr dicht angepflanzt sind, erhalten sie von der gewöhnlichen Form abweichend denselben schlanken Wuchs und gleiche schmale Laubkrone.

Wir haben hier einmal einen Anhaltepunkt, um an einem Beispiel zu zeigen, wie Adaptationen entstehen. Es wird letzteres Wort meist falsch aufgefasst; man meint oft, eine Adaptation entstehe um der wechselseitigen Adaptation willen; die Blume z. B. passe sich der betreffenden Insectengestalt an oder das Thier adaptire sich zu der Blume; das ist aber in der Regel irrig. Eine Abänderung entsteht meist aus ganz andren Ursachen, als sie sich späterhin erhält; nur weil sie passend für andre Zustände war, erhält sie sich unter veränderten Bedingungen dann nennen wir sie eine Adaptation, eine Anpassung. Der schlanke Wuchs der Bäume resultirt also aus dichtem Waldwuchs oder ist, wie bei *Coniferen*, ein primitiver, alt ererbter Zustand, erblich geworden, weil diese Pflanzen, als die ersten Holzigen gegen Thiere gut geschützt, sich nicht zu verändern brauchten; es ist dies eine einfachere Form als verzweigte Laubkronen und einfachere Formen mussten ja stets den anderen vorausgehen. Zur Zeit, als die *Coniferen* auf einfachen Stengeln sich erhoben, wenig und kurze Zweige trieben, waren die Orkane und starken Zonen-Winde noch nicht auf unserer Erde vorhanden; als letztere aber eintraten, war den *Coniferen* die ererbte Eigenschaft schmaler Kronen von grossem Nutzen. Ich möchte dem Ausdruck „passender Erhaltungszustand“ trotz seiner Weitläufigkeit doch den Vorzug vor Adaptation oder Anpassung geben, weil er nicht missverstanden werden kann. Viele Gegner der Entwicklungslehre würden sich bekehren, wenn das Wort Adaptation nicht existirte; dieser Ausdruck ist ein recht unglücklicher, weil er unwillkürlich zur Folgerung der causalen Entstehung verführt. Man darf nicht sagen, die wechselseitigen Formen passen sich einander an, sondern Formen, die zueinander passten, wenn sie sich fanden, erhielten sich dadurch besser als andre Formen.

\*) Ich habe eine Anzahl dieser Pappeln gemessen und dabei eine Methode befolgt, die, so einfach sie ist, dennoch sonst nicht angewendet zu werden scheint; wenigstens vermisst man in fast allen Reisebeschreibungen Höhenangaben von Bäumen, Häusern, Thürmen, steilen Felswänden etc., man findet meist nur Schätzungen. Ich erlaube mir daher diese Methode, so naiv sie ist, dennoch mitzuthemen. Man nehme 3 gleichlange und einen doppelt so langen Stab (Länge ist gleichgültig; ungefähre Gesichtshöhe am bequemsten) und nagele diese so zusammen, dass ein Quadrat mit einer darüber hinwegragenden Stablänge entsteht. Nun visire man bloß von der einen Ecke des Quadrates über die Spitze des freien Stabes nach dem Baumgipfel; hat man durch Vor- und Rückwärtsstellen dieses einfachen Apparates letzteren Punkt gefunden, so braucht an das äussere Ende meines Apparates nur noch eine Stablänge hinzugefügt zu werden; von dort aus misst man horizontal bis zum Baum (resp. dessen Querschnittsmitte, die man aus dem Umfang sehr leicht berechnen kann), so hat man die Höhe des Baumes, denn derart hat man ein rechtwinkliges Dreieck mit 2 gleichen Schenkeln (verticale Höhe = horizontale Entfernung; visirte Luftlinie = Hypotenuse) construirt. Hängt man an einen Faden z. B. einen Stein als Loth zwischen die Stäbe und achtet darauf, dass die Winkel des Viereckes gleich, d. h. rechtwinklig sind und der Apparat lothrecht steht, so kann man mit diesem Instrument, das man sich allenthalben, selbst im Urwald, leicht herstellen kann, ebenso exacte wie bequeme Messungen ausführen; trigonometrische Berechnungen sind dann nicht nöthig; selbst die Sonnenschattenmessungen sind complicirter und die Sonne scheint nicht immer, wenn man sie braucht.

Selbst Al. Braun betonte öfters, dass er nicht einsehen könne, wie aus einer Anpassung die betreffende Form entstanden sei. Dies sollte ja auch gar nicht damit gemeint sein! Wie viel leichter muss ein minder kenntnisreicher Gelehrter oder gar ein Laie in diese irrige Auffassung verfallen.

Wenn Hildebrand die Schwärmosporen der Algen als freiwilliges Verbreitungsmittel auffasst, so ist das nur zum Theil richtig, denn sie dienen in den meisten Fällen nur als Geschlechtsorgane zur Copulation; die Zeit des Schwärmens ist übrigens kurz, diese Verbreitung mithin beschränkt. Bei den *Diatomeen* und *Oscillarien*, denen er freie Bewegung zuschreibt und zu denen er dann auch die *Desmidiaceen* rechnen müsste, ist die Bewegung nur mechanisch. Eher könnte man den *Mycetozoen* freie Bewegung zugestehen; doch ist überhaupt die freiwillige Bewegung bei den niedersten Organismen — seien sie pflanzlich oder thierisch — eine geringe und gleiche (amöbenartig), sodass dies Unterscheidungsmerkmal zwischen Thieren und Pflanzen, gerade an der Grenze beider organischen Reiche nicht anwendbar ist; diese Grenze ist nicht sicher festzustellen.

Ohne hier speciell auf die einzelnen Formen der Früchte, soweit sie zur Verbreitung bei den verschiedenen Pflanzen dienen, einzugehen, obwohl der Werth von Hildebrand's Werk gerade darin beruht, will ich nur die allgemeinen Schlussfolgerungen desselben berücksichtigen und Eigenschaften berühren, die anders zu erklären sind oder zugleich zu andren Zwecken dienen.

Als Verbreitungsmittel muss man die Früchte im weitesten Sinne auffassen, mit alledem, was bei der Reife darum und daran hängt, was an dem abwelkenden Fruchtstiel, der abfallenden Frucht übrig bleibt. Haarige Anhängsel können sowohl am Samen selbst als an dessen Stiel, am stehenbleibenden Griffel oder an Perigonblättern zur Verbreitung dienen. Flügelbildungen kommen vor am Samen oder an der Gesamtf Frucht, auch am Kelch und zuweilen ist es die ganze leichte Blüthe oder ein aufgeblasener Kelch oder Bracteen, welche die Früchte windleicht machen; Hildebrand giebt hierüber erschöpfende Zusammenstellungen. Wie nothwendig oft solche Samenflügel zur Erhaltung der Species sind, sehen wir an *Cinchona*, deren Samen freiwillig nur in vermodernden Baumstämmen keimen; diese Gelegenheit ist aber weder allzuhäufig noch immer naheliegend; es wird dies beschränkte Keimungsvermögen dadurch ausgeglichen, dass diese Samen äusserst zahlreich sind. Aehnlich in Bezug auf Anzahl und Leichtigkeit verhalten sich die behaarten, kleinen Weidensamen, die nur eine Woche lang ihre Keimkraft behalten, ebenso Rüstersonnenblumen, während gewisse Farnsporen, viele Hülsenfrüchte, Gurkensamen noch nach 50 Jahren keimten und manche ruhende Samen, die in Lehm eingebettet vor Verwesung geschützt sind, oft nach unbekannt langer Zeit durch Umwälzen der Erdschichten noch keimen. Schminkbohnen, in Herculanium ausgegraben und Mumienweizen, in den Pyramiden gefunden, sollen noch in unserem Jahrhundert gekeimt haben.

Ebenso können die verschiedenartigsten Theile der Frucht und Zubehör sich klebrig, borstig, stachelig, hakig als Haftfrüchte oder fleischig als Beere ausbilden. Doch muss man stachelige, borstige Früchte auch als Schutzmittel gegen Vögel und weidende Thiere auffassen, denn während z. B. die meisten *Umbelliferen*-Früchte durch ätherische Oele gegen Zerfressen geschützt sind, finden wir die geruchlosen, sonst ungeschützten Doldensamen entweder stachelig oder giftig. — Beeren behufs Verbreitung entwickeln sich zuweilen

ausserhalb der Frucht; bei *Anacardium occidentale* entwickelt sich z. B. der Fruchtsiel in Birngrösse fleischartig; ähnlich bei *Semecarpus Anacardium*.

Das häufige Vorkommen sehr kleiner Samen ist erklärlich, weil sich diese vom Wind leicht transportiren lassen und weil sie von den Thieren nicht so leicht zerbissen werden können; deshalb fehlen ihnen sonstige Verbreitungsmittel. — Dass sich viele Früchte, namentlich fleischige, erst zur Reife färben, wird mit Recht als Anlockungsmittel für Vögel erklärt, welche Samenverbreitung vermitteln. Indess ist rothe Farbe nicht immer ein Anlockungsmittel, wie z. B. Hildebrand auch für *Physalis Alkekengi* annimmt, da deren über die Beere geschlossener Fruchtkelch gallenbitter schmeckt; letzterer theilt seinen Bitterstoff bei unvorsichtiger Berührung der Beere mit, sodass diese ungeniessbar wird. Wie ich später zeigen werde, dient die rothe Farbe auch dazu, grössere Thiere, z. B. Pferde, Schweine, Truthähne, die sich vor ihr scheuen, abzuhalten. — Das blattartige Kelchblatt von *Mussaenda* rechnet Hildebrand auch als Flugmaschine; es ist indessen zur Fruchtzeit meist schon abgefallen. Wenn es auch derart dienen könnte, so dient es doch hauptsächlich, wie ich bereits zeigte, zur Anlockung befruchtender Insecten. — Im Allgemeinen findet man keine Verschwendung der Verbreitungsmittel bei ein und derselben Frucht, meist nur eines; so hat bei diklinen Blüten nur die weibliche Blüthe solche Einrichtungen, z. B. bei *Humulus Lupulus* sind letztere nur mit zum Windtransport befähigten Hochblättern versehen. Eine eigene Vorrichtung, um fleischige Früchte den Thieren sichtbar zu machen, hat *Magnolia*, aus deren holziger, zapfenähnlicher Frucht die Samen an ziemlich festen, baumwollähnlichen Fäden heraushängen.

Zur Verbreitung dienen schliesslich die Schleuderfrüchte, sei es, dass sie durch Austrocknen oder fremde Berührung frei werden z. B. *Oxalis*, *Impatiens*, *Cardamine*, *Momordica*. Am weitesten werden wohl die Samen von *Hura crepitans* derart entfernt; ich habe sie auf 20 Schritt weit schleudern sehen. Bei elastischem Aufspringen und folgendem Herausschleudern der Samen durch fremde Berührung sind dieselben meist klebrig-schleimig oder gar harzig-schmierig, wie ich letzteres bei *Clusia*-Arten, den Baumwürgern Amerika's, in Trinidad beobachtete. Hierher sind auch die Schleuderer in den Sporangien mancher *Cryptogamen* zu rechnen. — Endlich ist noch die hygroskopische Verbreitungsart — indess nur als zweifelhaft — zu erwähnen, wo die langgeschnäbelte oder begrannete Frucht nach dem öfters wiederholten Eintrocknen und Feuchtwerden etwas weiter entfernt werden soll; es dient diese Eigenschaft meist nach Fr. Darwin zum Einbohren der Samen in die Erde.

Bei Culturpflanzen, welche wegen der Früchte gebaut werden, haben sich meist nur diese verändert; dann sehen wir oft die Verbreitungsagentien verschwunden oder gar mit zur Verbreitung nachtheiligen Eigenschaften vertauscht und erkennen deshalb deren wilde Stammformen meist nicht. Dahin gehört insbesondere das Grösserwerden der Früchte: die wilde kleine Süsskirsche und die Schlehe, *Prunus spinosa*, können — so meinte Hildebrand — von grossen Vögeln verschluckt werden, deren cultivirte Formen, die Gartenkirsche, die Pflaume dagegen nicht; letztere betrachte ich als eine Culturform der Schlehe. Bei Getreidearten, Roggen und Weizen lösen sich die Samen bei der Reife ganz nackt los — dies ist indess auch bei einer Abtheilung von *Eragrostis* und bei *Sporobolus* der Fall, wie Al. Braun mir bemerkte —, während wilde Gräseramen entweder von Spelzen umhüllt oder an behaarten Spindeln

befestigt bleiben, sodass sie dadurch windleicht sind; deren Samen sind gross geworden und werden von Vögeln zerfressen. Andre Gräser haben meist kleine Samen, die dem Zerbeißen der Vögel nicht so preisgegeben sind. Mais, der ausnahmsweise von allen Gräsern grosse Samen hat, dürfte dieselben auch erst in der Cultur erhalten haben; sie sind nicht ausreichend geschützt; auch kennt man die Heimath des Mais nicht sicher.

Man erlaube mir hier eine kleine Abschweifung betreffs der bihemisphärischen Verbreitung tropischer Culturgewächse. Die Heimath von *Zea Mays* soll angeblich Amerika sein, obgleich er vor Entdeckung Ostindien's in Asien sich fand und, wie Tabak, noch jetzt bei vielen Völkern in Hinterindien und auf den Inseln angebaut wird, die ihn sicher nicht von uns Europäern — auch nicht indirect — erhielten, denn sie besaßen beide, oft bevor sie mit Europäern in Berührung gekommen waren. Für Tabak existiren viele autochthone Namen bei Hinterindiern und Polynesiern. Es ist schwierig, die wechselseitige Einführung der tropischen bihemisphärischen Culturgewächse, namentlich solcher, die nur von den Eingeborenen verwerthet werden, zu erklären. Dazu gehören *Manihot*, *Capsicum annum* in zahllosen Culturformen, *Lycopersicum esculentum*, *Bambusa arundinacea*, die gebaut fast nie blüht und in Trinidad wie wild wächst, *Cocos nucifera*, deren Heimath in dem Polynesischen Archipel wie an Mexiko's Küsten problematisch ist, *Batatas edulis*, *Carica Papaya*, *Psidium Guava*, *Paritium tiliaceum* und die nur in Asien wilde *Banane*. Jene Erklärung erscheint mir um so schwieriger, als die meisten nicht auf dem Umweg durch die gemässigte Zone importirt sein können und die Europäer, die in früheren Jahrhunderten kein Interesse für die Bedürfnisse der Eingeborenen der Colonien zeigten, auch für verschiedene der obigen Culturpflanzen kein Verständniss hatten. Für die meisten häufigst cultivirten Tropenpflanzen ist das Vaterland ebenso unbekannt, als bei vielen unsrer Culturpflanzen. Die cultivirte *Banane* *Musa paradisiaca* = *M. sapientum* hätte, weil samenlos, als lebende Pflanze von Asien nach Amerika, wo sie überall in den tropischen Theilen viel und seit bekannter Zeit gebaut wird, direct und ohne Umweg über Europa importirt werden müssen. Nach Haiti ist zwar 1516 der cultivirte *Pisang* nachweislich von den Canarischen Inseln gebracht worden, aber er war schon vor dem Jahre 1492, der Entdeckung von Amerika, dort verbreitet; wilde *Bananen* fehlen aber auf dem neuem Continente.

Zur Beleuchtung dieser Frage muss man berücksichtigen, dass die so uniforme amerikanische Menschenrasse den Mongolen verwandt ist und als eingewandert betrachtet wird. Die Einführung tropischer Culturpflanzen aus Asien kann also nur durch diese, nicht etwa durch Melanesier stattgefunden haben. Hat nun dies vielleicht in einer Zeit stattgefunden, wo Nordasien und Nordamerika noch tropisches Klima hatten? Es kann faktisch nicht anders gewesen sein, wenigstens für die samenlose *Banane*; sie ist daher wahrscheinlich schon Mitte der Diluvialzeit eine Culturpflanze gewesen. Andernfalls bliebe bloss noch die Erklärung der zufälligen oder vielmehr gelegentlichen Einführung dieser vielen rein tropischen Pflanzen durch vom Sturm verschlagene Schiffer übrig; da indess letzteres innerhalb der Tropenzone stattfinden musste, ist diese Erklärungsweise absurd; denn wenn auch vereinzelte Schiffer vom Sturm aus Asien's oder Afrika's Tropen nach Amerika verschlagen worden sind, so pflegen solche Leute doch nicht lebende *Bananen*-Pflanzen mit zu Schiff zu nehmen, und wenn sie wirklich welche mitgenommen hätten, müssten sie diese Kraut-

pflanzen, sowie auch mitgebrachte Sämereien auf der gezwungenen, langen Seereise — worauf mich Dr. H. Schütze aufmerksam machte — mangels andrer Nahrung verzehrt haben. Eine Hypothese aber, die auf Multiplication von drei Unwahrscheinlichkeiten, von drei der seltensten Ausnahmefällen beruht, ist nichts werth. Man darf Eins gegen Quintillionen wetten, dass *Bananen* nicht derart übers Meer gebracht wurden.

Ferner ist Folgendes zu beachten. Von wildwachsenden Tropenpflanzen giebt es nach Grisebach's Schätzung (Pfl. Geogr. II. 558.) etwa 50 grössere Familien; davon sind nur *Dipterocarpeen* und *Aurantiaceen* mit 172 Arten ursprünglich asiatisch und *Vochysiaceen*, *Cacteen*, *Bromeliaceen* mit 1600 Arten ursprünglich amerikanisch; während die übrigen tropischen grösseren Familien rings um die Erde wachsen, mit mehr als 34000 Arten. —

Grosssamige ungeschützte Gräser, wie Mais, findet man nicht wild; grosse wilde Grassamen haben, wie z. B. *Coix lacrymae* steinharte Samen, die von den meisten Vögeln nicht aufgebissen werden können. Von unseren gebauten Hülsenfrüchten, Erbsen, Wicken, Linsen, vermuthet Hildebrand, dass sie früher elastisch aufspringende Hülsen mit kleineren Samen gehabt hätten. Dass sich Pflanzen in der Cultur oft gewissermassen naturwidrig verändern, zeigen z. B. die samenlosen Früchte der *Bananen*, wo die Abortation der Samen Regel ist, ferner dergleichen Abarten von Apfelsinen, Birnen, Trauben, Feigen, Ananas, Brodfrucht, Datteln. Ja, manche Culturpflanzen, deren Früchte man nicht verwendet, verlieren überhaupt die Eigenschaft zu blühen; so sah ich unter Millionen von Exemplaren des cultivirten Bambus nur zwei blühende; die meisten in den Tropen lebenden Europäer haben ihn nie blühend gesehen. Das Zuckerrohr blüht cultivirt äusserst selten, ebenso blüht *Colocasia esculenta*, der vielgebaute Tarro, selten, während *Paritium tiliaceum*, eine baumartige *Malvacee*, die in Ost- und Westindien viel angepflanzt wird, um die abgeschälte Zweigrinde als Strick zu verwenden, wohl blüht, aber nicht Früchte ansetzt. Wilde *Paritium*-Arten am Strand fructificiren stets. — *Paritium tiliaceum* ist für die Eingeborenen der Tropen beider Hemisphären eine Culturpflanze von höchster Wichtigkeit. Die Stricke davon werden nicht vorrätzig gemacht, sondern bei Bedarf erst wird ein Ast abgebrochen, die Rinde abgeschält, in Streifen zerrissen, zwischen den Fusszehen eingeklemmt und mit den Fingern gedreht. Soll nun irgend etwas transportirt werden, so pflegt man dann erst — besonders in Hinterindien — einen Tragstock, ein Stück Bambus, abzuschlagen und an dessen beiden Enden mit jenen frischen Stricken das zu Tragende anzubinden.

Bei den meisten *Kürbisen*, *Gurken*, *Lagenarien* — sagt Hildebrand — kennen wir die Stammpflanzen auch nicht; sie haben keine Verbreitungsmittel. Indess, dürften wir bei einigen deren wilden Stammpflanzen deshalb nicht kennen, weil ihre Früchte bitter schmecken und nur eine seltene Abart ohne Bitterstoff in die Cultur kam; z. B. bei *Citrullus*-Arten ist eine Form, welche den als Schutzmittel gegen weidende Thiere dienenden Bitterstoff verlor, durch Anbau vermehrt worden; von der Wassermelone giebt es in Afrika eine bittere Sorte und von der *Coloquinthe* eine essbare Abart. Die *Cucurbitaceen* haben meist grellgefärbte Früchte und wenn dieselben auch nicht geschützt sind, so sind es doch die Samen, indem sie lederartig oder bitter oder giftig sind und darauf beruht ihre Verbreitung durch kriechende Insecten, die die Samen verschmähen, wohl aber Theile der Frucht verschleppen und verzehren, was bei unsren Gurken und Kürbisen in der Cultur weniger stattfindet; aber in den

Tropen sieht man gebaute *Lagenarien* öfters verwildert; manche *Cucurbitaceen* werden indess auch durch Vögel verbreitet, andre durch Schleudervorrichtung.

Wenn aber Culturpflanzen mit Verbreitungsmitteln versehen sind, wie z. B. Stachelbeeren, Johannisbeeren, Himbeeren, Brombeeren, deren kleine Samen unbeschädigt den Vogelleib passiren, kennen wir auch die wilden Pflanzen. Bei Birnen und Aepfeln sind die Samen nicht gegen Zerbeißen geschützt, deshalb finden sich auch die cultivirten Sorten nicht verwildert. Wilde Formen sind dagegen geschützt, indem die Holzbirne herb und hart, der Holzapfel sauer ist; weiter darf man folgern, dass, wenn sich in der Natur wirklich edlere Sorten Birnen und Aepfel gebildet hätten, dieselben wegen Mangel der erwähnten Schutzmittel der Früchte sich nicht erhalten konnten. Ebenso wilde *Bananen* sind innen stark tanninhaltig, roh ungeniessbar; sie werden erst, nachdem sie abgefallen, teigig, süß, riechend; es giebt davon auch Cultursorten, die, wie die wilden, nur gekocht verzehrt werden können.

In den Tropen finden wir grosse, wohlschmeckende, fleischige Früchte wild; dann sind aber die Samen stets geschützt. Deren Verbreitung wird — was Hildebrand übersah — durch Affen vermittelt, indem sie das Fruchtfleisch fressen und die Samen wegwerfen. So ist z. B. der Samen von *Anacardium* innen theerartig und beitzend, dessen birnförmiger, fleischartiger Fruchtstiel sehr wohlschmeckend; ähnlich ist *Semecarpus Anacardium*; die Frucht von *Mangifera indica* hat einen 4 Zoll langen Steinkern; auf Panama hat eine Ingaart (*Inga vera?*), ein 80' hoher Leguminosenbaum, zollgrosse, widrig schmeckende Bohnen, die aber von einem sehr angenehm mündenden, fleischigen Arill umgeben sind, das auch von Menschen viel genossen wird. Bei der Dattel ist nur der Samen hart, nicht geniessbar, ebenso bei vielen anderen beerentragenden Palmen. Bei *Strychnos* ist das Fruchtfleisch essbar, nur die Samen giftig (doch sollen letztere den Hühnern unschädlich sein). Die Apfelsine hat einen bitteren Samen, der von einer ledrigen Haut umgeben ist, von Thieren verschmäht und infolge dessen verbreitet wird; sie findet sich auf den westindischen Inseln sehr häufig verwildert und zwar nicht etwa blos an Stellen, die Culturen nahe liegen. Indess müsste man bei der Apfelsine schon annehmen, dass Affen so erfahren seien, die Schale mit dem ätherischen Oel zu kennen, zu wissen, dass darunter ein wohlschmeckendes Fruchtfleisch vorhanden sei; es ist dies möglich. Doch giebt es noch ein andres Verbreitungsmittel für fleischige Früchte, das auch von Hildebrand unbeachtet blieb. Wir haben Früchte mit Samen, die von stark tanninhaltiger Schale geschützt sind, wie z. B. *Mangostane* — eine *Garcinia*-Art —, der Granatapfel und die Banane, ferner solche, die herb sind und erst durch längeres Liegen am Boden geniessbar werden, z. B. Holzbirne, Quitte. Hier sind es Ameisen und Käfer, die wegen des Fruchtfleisches den Samen transport übernehmen; bei Früchten mit stark tanninhaltiger oder ätherischer Schale muss erst Verwesung dieser Schale vorausgehen, nachdem die Frucht abgefallen ist. Auf directe Beobachtung basirt, sind folgende Beispiele recht beweisend: *Carica Papaya* und *Coffea arabica* verwildern oft in den Tropen; deren fleischige, wohlschmeckende Früchte sind gar nicht geschützt. Der Samen von *Carica Papaya* ist zwar nicht hart, schmeckt aber scharf kressenartig. Als ich diese Samen trocknete, hatte ich noch ein wenig festhaftendes Fruchtfleisch daran gelassen und bemerkte bald, dass mir die Ameisen den ganzen Vorrath nach und nach vom Tische wegholten, immer je drei oder vier Ameisen ein Korn schiebend. Bei

*Coffea arabica*, deren Beerö angenehm schmeckt, suchen sich gewisse Käfer die allerbesten Früchte aus und transportiren sie an Orte, wo sie Vorräthe unter Erde oder Laub davon anhäufen, sodass die Javaner, die diese Sorte Kaffee, welche aus den grössten Bohnen besteht, schätzen, meist wieder den Käfern ihre Vorräthe abnehmen; die ledrigen Samen aber werden von den Thieren nicht gefressen und keimen derart oft an entfernten Stellen. — Zu den Affen als Fruchtverbreiter gesellen sich auch die grossen Fledermäuse. Beide Thiersorten plündern sehr oft die Gärten der Javaner, sodass es dort vielfach Sitte ist, die grösseren saftigen Gartenfrüchte vor voller Reife abzunehmen und sie, wie unser Winterobst, unter Stroh nachreifen zu lassen. — Die Beeren von *Physalis peruviana*, die in der Nähe der Culturstätten auf Java jetzt häufig wächst und auch neuerdings die Reise um die Erde vollendet zu haben scheint, denn sie ist sogar in Ungarn und auf den Canarien-Inseln erschienen, rechne ich zu den wohlschmeckendsten Früchten überhaupt; bei dieser Art ist die Beere durch einen grünlichen, also nicht auffallenden Fruchtkelch geschützt; dennoch giebt es intelligente, sehr kleine Insecten, welche durch ein kaum bemerkbares kleines Loch nach und nach die Beeren entfernen; ich habe vielleicht hundert dieser aufgeblasenen Fruchtkelche geöffnet, wo die Beere bereits geraubt war. Hier findet offenbar eine mehrseitige Verbreitungsart statt: 1) durch kriechende Insecten, 2) durch Vögel, die sie trotz des grünen Kelehes erkannt haben, 3) indem die ganze Frucht nach Hildebrand ein Flugapparat ist, 4) durch die Cultur des Kaffeestrauches indirect, als dessen Begleiter ich sie namentlich auf Java fand, oder 5) direct durch Cultur; so theilt mir Prof. P. Ascherson mit, dass sie in Aegypten wegen der Früchte gebaut werde.

Auch die berühmte und berüchtigte Frucht von *Durio zibethinus*, die man in feiner europäischen Gesellschaft wegen ihres Geruches nicht essen darf, die aber von Chinesen und Malayen unbeschreiblich geachtet wird, ferner *Theobroma Cacao* und die zwei cultivirten *Artocarpus*-Arten besitzen Samen mit angenehm süssschleimigem Fruchtfleisch. Die Frucht besitzt aber eine dicke Schale, ein spät aufspringendes *Pericarpium*, das bei *Durio* und *Artocarpus* igelstachelig ist, sodass man dieses Fruchtfleisch nur als eine Adaptation an kriechende Thiere behufs Samenverbreitung ansehen kann, während die stachelige Schale gegen Zerstörung durch Affen und Fledermäuse schützt. Nachdem die schwere Frucht abgefallen, das *Pericarpium* infolge dessen geplatzt, veranlasst das angenehme Fruchtfleisch die kriechenden Insecten, Theile der Frucht zu verschleppen und mit ihnen die Samen, die beim Cacao infolge des starken Geschmacks vor Zerstörung durch Frass verschont bleiben. Vermuthlich sind die Samen von *Durio* und *Artocarpus* auch so geschützt; ich habe deren Geschmack leider nicht probirt, nur ihr Fruchtfleisch genossen. Bei der stellenweis häufigen wilden Banane, die ausser tanninhaltiger Schale auch ziemlich herbes Fruchtfleisch, besonders wenn es nicht ganz reif ist, hat, findet jedenfalls sowohl Verbreitung der ziemlich harten Samen durch kriechende kleine Thiere statt, denn, wo sie wächst, ist sie meist häufig, als auch durch Affen. Letztere sollen sehr lüstern nach wilden Bananen sein; sie müssen mithin wissen, dass unter der Schale, die ungeniessbar ist, ein guter Bissen verborgen steckt.

Al. Braun hielt, nachdem ich dies dargelegt hatte, diese Verbreitung gewisser abgefallener Beeren durch kriechende Insecten für häufig stattfindend und machte mich darauf aufmerksam, dass *Schaben* bereits zur Zeit der

Kohlenformation existirten. In den Tropen besonders sind letztere allenthalben sehr verbreitet; welcher Reisende hätte die „*cokroaches*“ nicht dort von ihrer lästigen Seite kennen gelernt!

Indem ich diese Art der Beerenverbreitung der weiteren Beobachtung empfehle, möchte ich noch auf einen Punkt aufmerksam machen: auf Vogelverbreitung adaptirte Beeren sind meist grellgefärbt und geruchlos; die auf Insectenverbreitung ungefärbt und riechend. Es herrschen insofern ähnliche Verhältnisse als bei Blüten, aber infolge andrer Ursachen. Bei Blumen ergänzen sich grelle Farben und Geruch in umgekehrter Proportion, um fliegende Insecten anzulocken, wie ich später ausführlich zeigen werde; Blüten aber, denen Insectenbesuch nicht zweckdienlich ist, sind grün oder unscheinbar. Bei Früchten scheint das Verhältniss so zu sein, dass abfallende Beeren unscheinbar sind, aber, nachdem sie abgefallen, am Boden durch Geruch kriechende Thiere anlocken; z. B. der wilde Apfel, die wilde Birne, die Quitte, namentlich aber die *Banane* und die *Apfelsine*. Letzteres Beispiel scheint nicht zutreffend zu sein, weil Apfelsinen orangeroth sind; dennoch trifft es zu, weil deren wilde Formen auch im reifen Zustande grün sind — in Hinterindien sah und ass ich mehr grüne als rothe Orangen —, die rothen Apfelsinen und Pomeranzen, die gelben Citronen und Bergamotten sind nur ausgewählte Cultursorten, die wilden Formen sind grün. Bei der *Banane* ist es genau so; deren gefärbte Sorten sind Culturformen; bei ihr, wie bei Aepfeln und Birnen, ist übrigens der Geruch eine Amyloxydverbindung; manche besonders stark-aromatische *Bananen* reizen deshalb wie Fuselöl zum Husten. Die Früchte von *Artocarpus* und *Durio* sind auch grün und haben unter der geruchlosen, dicken Schale riechendes Fruchtfleisch.

Die abfallende Himbeere ist ebenfalls wohlriechend, während die nicht abfallenden Brombeeren geruchlos sind; doch ist die Himbeere gleichzeitig an Vogelverbreitung wegen ihrer rothen Farbe eingerichtet. Die Erdbeere ist auch wohlriechend; sie ist zwar roth, aber meist hängend und im Gras versteckt oder vom Kelch zur Fruchtzeit eingehüllt, sodass sie von Vögeln wenig bemerkt werden dürfte; mehrere Erdbeerarten lassen die sogenannte Beere — den fleischigen Fruchtboden — ebenfalls abfallen.

Dagegen sind nicht abfallende Früchte, die auf Vogelverbreitung eingerichtet sind, behufs Anlockung der Vögel gefärbt, aber meist nicht riechend. Wären sie riechend, so würden Insecten, die ihnen schädlich sind, angelockt; es wäre dies solchen Beeren mindestens eine zwecklose Eigenschaft. So sehen wir also *Ribes*- und *Rubus*-Arten, Kirschen, die Guave, das öfters erwähnte *Polygonum chinense*, *Vaccinien*, die vielen subtropischen und tropischen *Zizyphus*-Arten, *Morus*, die meisten *Solaneen*, viele *Cucurbitaceen* meist grell gefärbt und geruchlos. Schwarze Beerenfarbe scheint, weil sie häufig auftritt, namentlich wenn sie auf dem herbstlich gefärbten Laub grell absticht, für Vögel besonders anlockend zu sein; während Schwarz für Insecten, wie man aus Analogieen und der Seltenheit schwarzer Blüten schliessen darf, nicht anlockend ist. Vielleicht sind schwarze Beeren deshalb häufiger als rothe und gelbe, weil letztere zugleich von Insecten besucht und beschädigt werden. Auch Wachholder ist hier zu erwähnen; denn die Beere selbst ist geruchlos, nur der Samen reich an ätherischem Oel. — Wir sehen also ätherische Oele bei Pflanzen als verschiedenstes Erhaltungsmittel, bis jetzt meist als Anlockungsmittel dienend; wir werden sie noch als Schutzmittel, insbesondere

als abstossend für weidende Thiere, kennen lernen, wenn sie in zu grossen Mengen in den Pflanzen auftreten.

Die verschiedene Verbreitungsweise der Beeren hat selbst einen wichtigen Einfluss auf die Standortsverhältnisse ihrer Stammpflanzen. Auf ozeanischen Inseln, erwähnte ich bereits, finden sich vorherrschend durch Vögel eingeführte beeren tragende Sträucher. Pflanzen mit Vogelverbreitung finden sich überhaupt fast überall, wo sie irgend gedeihen können, z. B. die *Guava*, *Polygonum chinense*, *Sorbus Aucuparia*, *Brombeeren*. Od. Beccari schreibt 1873 über den Aru-Inseln ungefähr: ihre meisten Pflanzenarten haben fleischige Früchte, welche von den Vögeln, besonders den Tauben, die bei Ausstreung der Samen eine Hauptrolle spielen, gefressen werden. Die Flora ist fast rein papuanisch und die Ansiedelung der Arten durch Vögel erklärlich. Die schnelllaufenden Casuare verschlingen auch alle fleischigen Früchte und verbreiten so die Samen über grosse Strecken auf dem Festlande, aber auch, indem sie über Meeresarme schwimmen, auf die benachbarten Inseln.

Ich möchte hier anschliessen, dass man die Gewohnheit der meisten Vögel, nicht im Fluge den Koth fallen zu lassen, sondern sich dazu ruhig auf Aeste zu setzen, berücksichtigen muss; dadurch erklärt sich namentlich das Vorkommen der Beerensträucher im Wald und ihr Fehlen auf offenem Lande. Auch die Wasservögel entleeren auf dem festen Lande. — Wenn die Beeren durch Käfer, Ameisen, oder sonstige kriechende Thiere verbreitet werden, ist die Vegetation einer einzigen Art meist gedrängt, grosse Flächen einnehmend und nicht über viele Länder verbreitet; die wilden *Bananen* und einige andre beeren tragende hohe *Musaceen* zeigen uns dies am deutlichsten; ebenso ist es bei *Vaccinien* und *Lantana Camara* wo indess nebenbei auch Vogelverbreitung und bei *Fragaria*, wo ausserdem Ausläuferverbreitung möglich ist. Uebrigens sah ich die Erdbeere nirgends auch nur annähernd so häufig, wie auf den Höhen der venezuelanischen Anden, wo sie gar nicht einheimisch, sondern erst durch *Islenos* von den Canarien-Inseln eingeführt ist und alsdann erst so massenhaft verwilderte. Bäume, deren Beeren durch kriechende Insecten verbreitet werden, z. B. Apfelsinen, *Papaya*, *Cacao*, *Caffee*, *Durio*, ferner vermuthlich wilde Aepfel, Quitten, und Birnen können an und für sich nicht in so dichten Beständen wachsen, wie wir es selbst noch bei Sträuchern sehen, z. B. bei *Lantana* und manchen Brombeerarten.

Es ist beachtenswerth, dass alle nicht beerenartigen Früchte meist nicht grell gefärbt sind, oft erdfarben aussehen, sodass sie derart von Thieren, auch den kriechenden, unbeachtet bleiben. Indessen giebt es einige Ausnahmen, z. B. die Samen von *Erythrina* und von *Abrus precatorius* sind sehr schön corallenroth gefärbt mit schwarzem Kopfkreis, die von *Lithospermum* blendend weiss; dies lockt entschieden Thiere an; indess sind diese Samen so hart, dass sie kaum von betreffenden kriechenden Thieren zerfressen werden; verbreitet werden sie jedoch infolge der grellen Farbe sicherlich. Dies wäre allerdings eine sonderbare Adaptation, da sie auf einer unwillkürlichen Täuschung der Thiere beruht, oder die, wenn man es so nehmen will, vielleicht durch Spielen gewisser Thiere mit diesen Samen veranlasst ist.

Es giebt indess auch in der Wildniss Früchte, die keine Verbreitungsorganisation zu haben scheinen, solche mit sehr grossen Samen oder grosse Früchte, die geschlossen bleiben, meist hartschalig und ungefärbt sind; sie gehören meist zu Bäumen mit breiter Krone, deren jeder viel Raum einnimmt

und wenn sie auch gesellig wachsen, sich im Boden nur wenig Concurrenz machen.

Von Palmen meint Hildebrand, dass der Wind diese schlanken Bäume flüchtig schüttelt, wodurch die Früchte weit weggeschleudert werden. Jedenfalls kommt diesen Früchten ihre meist kugelige Gestalt zu statten, weil sie dadurch oft weiter rollen können. Für die *Cocos*-Nuss dürfte die Ebbe und Fluth das Verbreitungsgagens sein, wenigstens soll sie wild an der Westküste Mittelamerika's bestandbildend in Brackwasserstümpfen vorkommen. Einen solchen *Cocos*-Wald, wengleich von einer andern Art, sah ich an der Ostküste Co-starica's unter erwähnten Vegetationsbedingungen; nebenbei gesagt, das abschreckendste Landschaftsbild, das ich auf allen meinen Reisen sah: auf schwarzem, sonst fast vegetationslosem Morastboden standen diese mässig hohen Palmen in ziemlich dichten Beständen, nur von umgefallenen, vermodernden Stämmen unterbrochen! An der Ostküste von Trinidad ist im vorigen Jahrhundert ein Schiff mit *Cocos*-Nüssen gestrandet; seitdem hat sich dort in den Swamps, den Salzwasserstümpfen, ein ungeheurer *Cocos*-Wald gebildet, der fast die ganze sparsam bewohnte Ostseite Trinidad's einnehmen soll. Auf vielen polynesischen Inseln ist *Cocos*, durch's Meer angeschwemmt, wie wild.

Dass Palmenfrüchte, abgesehen von den beerenartigen, die von Thieren verbreitet werden und dann meist steinharte, unzerbeissliche Samen haben, auf Wasserverbreitung meist adaptirt sind oder waren, geht daraus hervor, dass sie sehr oft eine leichte Faserhülle besitzen, wodurch sie schwimmfähig werden, ferner, dass viele um diese Faserhülle eine Fettschicht haben, die sie, so lange sie schwimmen, vor Durchnässung schützt. Bei *Elais* ist diese äussere Fetthülle so stark entwickelt, dass man auch Palmöl daraus bereitet; bei allen *Areca*-Arten ist sie nur dünn und wenn die letzteren Früchte nach Europa gelangen, meist schon abgerieben, sodass die Fettschicht selbst bei *Areca Catechu*, obwohl vorhanden, vielen Botanikern unbekannt ist.

Ueber die parallele Entwicklung von Pflanzen- und Thierformen in Bezug auf Verbreitungsorgane sagt Hildebrand etwa: die ersten Gewächse, welche sich bildeten, waren Algen mit einfachsten Verbreitungsmitteln für das Wasser. Das nun aus dem Wasser hervortretende Land war von Moosen und Farnen\*) bewohnt, mit einfachsten windleichten Fortpflanzungszellen; Anpassungen an Thiere fehlen. Bei *Coniferen* finden wir schon geflügelte Samen und wenige Fälle von Beeren, die von Thieren verbreitet werden\*\*). (Auch die gleichzeitig entstandenen *Cycadeen* haben öfters Beeren!) Pelzthiere und ihnen angepasste hakige oder klebrige Verbreitungsmittel fehlen noch. Bei den *Monocotylen* treten schon Beeren häufiger auf; hakige und klebrige Früchte sind bei ihnen selten. Erst bei den *Dicotylen* werden Haftorgane häufig, neben sich gleichzeitig zahlreicher entwickelnden Beeren, parallel dem häufigeren Vorkommen der Pelzthiere und Vögel und selbst bei den *Dicotylen* findet eine stufenweise Vermehrung statt; denn bei den *Apetalen* finden wir Haftorgane in vier Fami-

\*) die indess zu Ende der Steinkohlenperiode noch grösstentheils waldartig im salzfreien Meer schwammen.

\*\*\*) Wenn H. Müller einwirft, es habe zu jener Zeit noch keine Vögel gegeben, so beweist dies nicht die Unrichtigkeit des Connexes, weil die damals häufigen Schaben und selbst Amphibien die Samenverbreitung jener Beeren vermittelt haben dürften. Uebrigens dürften erst die Coniferen der Wealdenkohle Beeren gehabt haben, auch sind geflügelte Coniferen-Samen ursprünglich nur Schwimmrichtungen.

lien, ebenso bei den *Monopetalen*, während sie bei den höchst organisirten *Polypetalen* in mehr als zehn Familien vorkommen.

Schliesslich will ich nicht unterlassen, die gelegentliche Verbreitung zu erwähnen, die durch Vögel, indem sie Schlamm, worin stets Samen ruhen, verschleppen oder durch Treibholz und Eisberge veranlasst wird — ein Thema, das Darwin ausführlich behandelte —, ebenso die gelegentliche Verbreitung durch Cultur, die einen besonderen und ausgebildeten Zweig der Pflanzengeographie (über den uns hoffentlich Prof. P. Ascherson mit einem so nöthigen besondern Werke erfreuen wird) bildet, sowie auch die rein vegetative Vermehrung durch Theilung und deren Verbreitung durch Wasser- und Sumpfvögel, wie sie bei vielen niederen *Cryptogamen* und bei *Elodea canadensis*, *Acorus Calamus* stattfindet. Wir sehen bei *Bryophyllum calycinum*, einem tropischen Kosmopoliten, dessen saftige Blätter selbst in kleinen Bruchstücken noch Wurzel schlagen, eine zufällige Verbreitung — ich vermuthe durch Vögel, welche diese Blätter gern fressen und gelegentlich ein Stück Blatt fallen lassen oder ausbrechen und derart verschleppen; denn durch dessen Frucht, die in einem aufgeblasenen Kelch versteckt bleibt, ist die starke Verbreitung dieser Pflanze kaum zu erklären.

Ich will hier eine Betrachtung anknüpfen, wie Wind und Wasser, wenn sie keine Verbreitungsmittel sind, auf das Gesamtbild einer Flora bedingend einwirken. Auf den westindischen Inseln herrschen abweichend von unsrer und den meisten andren Floren die Sträucher vor, wie Grisebach zeigt; ebenso in der chinesisch-japanischen Region. Wie erklärt sich dies? Beide Floren haben viel Regen und regelmässige Winde. Letztere sind stets gleichbleibende Land- und Seewinde; auf den Antillen wechseln sie täglich. Die Seewinde können, wie jene Länder liegen, keine fremden Samen zubringen, die Landwinde und alle Gewässer schleppen fortwährend Sämereien hinweg in's Meer, wo sie verderben. Die Antillen sind isolirt und können keine oder nur wenig neue Pflanzen auf andre Weise erhalten. Nur Trinidad hat halbcontinentale Flora, hing aber noch kürzlich mit dem Festland durch einen Gebirgszug zusammen. Die chinesisch-japanische Strauchregion ist durch hohe Gebirge fast isolirt und erhält von diesen nur wenig neue dem Klima passende Pflanzen. Wenn aber stetige Samenentfernung und wenig oder keine Samenzufuhr stattfindet, so müssen die einjährigen Kräuter aussterben; perennirende Kräuter giebt es in tropischen und subtropischen Ländern nur wenig, weil sie dort fast stets strauchig sich entwickeln. Die Strauchvegetation aber, wenn sie einmal die Herrschaft erlangt hat, lässt Bäume nur wenig aufkommen, ausgenommen in den feuchten Niederungen der Tropen. Indess ist am Mangel von Bäumen in diesen zwei natürlichen Florengelieten noch ein andrer Factor mitwirkend: die als Orkane und Teifune bekannten Wirbelwinde zerstören alles das um so mehr, was sie mehr fassen können und so sieht man denn auf niedren Bergen der Antillen und Japans, wo der Waldbestand einmal gelichtet ist, fast nur strauchige Vegetation. Man kann oft den regelmässigen Weg der Orkane verfolgen; wo sie auftreten, fehlt Wald, an vor ihnen geschützten Orten sieht man Wald. Selbst die *Fagus*-Arten Japans werden trotz des günstigen Klimas an solchen Stellen nur strauchig. Wenn sich in gemässigt kalten Klimaten die Sträucher den Bäumen untergeordnet zeigen, letztere eher waldbildend auftreten, so liegt es daran, dass letztere besser gegen Fröste durch stärkere Borke geschützt sind, als die Sträucher; Nadel-, Buchen- und Kastanienwälder lassen dann durch allzudichten Schatten unter sich keine reiche

Vegetation gedeihen. — Wie unbeschränkt ist im Gegensatz zu diesen zwei Floren mit vorherrschenden Strüchern die Verbreitung in reichgegliederten Continenten; wie mannichfaltig sehen wir unsre mitteleuropäische Flora trotz des ungünstigeren Klima's zusammengesetzt!

Gehen wir nun zu den directen Schutzmitteln der Pflanzen über, so möchte ich zunächst die behandeln, welche gleichzeitig als gegen klimatische Ungunst und gegen Thiere wirkend aufzufassen sind. Es sind dies Dornen, Stacheln und verwandte Gebilde, Haare, klebrige Substanzen, Wachsüberzüge, dicke Säfte, ätherische Oele, Baumrinde, Holz, lederige Blätter, kugelige Wurzelbildung, Wechsel der Blütenstellung und zeitweiliges Schliessen der Blüten; ich werde solche Schutzmittel, die blos einem Zwecke dienen, gelegentlich einschliessen, z. B. schneidige Stengel und Blätter, Gifte und Farben gegen Thiere, Blattstellung, Luft- und Tafelwurzeln und Aststellung gegen Wetterungunst, ebenso den Standortsschutz für solche Kräuter, die ungeschützt sind, das Geselligkeitswachsthum gegen Thiere und Herbergseinrichtungen für schützende Thiere an passenden Stellen besprechen.

Die Dornen, seien sie metamorphisirte Nebenblätter, wie bei vielen *Acacien*, *Xanthium* oder Zweige, wie bei *Prunus*, *Gleditschia*, *Genista*, *Ononis* u. s. w. oder Blätter, wie bei *Berberis* und vielen *Cacteen* und *Euphorbien*, dienen zunächst dazu, gegen weidende Thiere zu schützen, namentlich gegen heerdenweis auftretende Hirsche und Antilopen. Die massenhafte Dornbildung in der Kalahari und in Südafrika überhaupt wird derart erklärt. Als schrecklichstes Beispiel wird *Acacia detinens* aufgeführt, die deshalb „Wart ein Weilchen“ genannt wird, weil sich aus deren Stachelgewirr ein einzelner Mensch kaum befreien kann. Im Dekkan giebt es auch eine solche *Acacie*, deren Bekanntschaft ich mit Blut bezahlen musste; bei dieser sind selbst die gegliederten Hülsen mit zahlreichen, starken, gekrümmten Stacheln versehen und darf man diese Stacheln an der Frucht nicht als Verbreitungsmittel zu Pelzthieren auffassen, denn bei dieser Art fallen die Felder der Hülse einzeln aus und das stachelige Gerippe derselben bleibt am Strauch. In Ostjava sind Dornbildungen auch im fruchtbaren Land gemein, lassen sich also nicht durch Steppenklima erklären und noch giebt es im östlichen Theil Java's, der am mindesten bewohnt ist, Heerden von mehreren Tausend Hirschen, wie ich durch zuverlässige Gewährsmänner bestätigt erfuhr. Dass die Dornen ein Erhaltungszustand gegen weidende Thiere sind, lässt sich dadurch beweisen, dass wilde Aepfel, Birnen und Mispeln die Stacheln in Gärten, wo sie deren nicht mehr bedürfen, verlieren, zu beblätterten Zweigen auswachsen, sodass der cultivirten Form ein grosser Zuwachs von Säften entsteht, der meist zur Entwicklung besserer Früchte verwendet zu werden scheint. Gärtnerische Zuchtwahl sorgt alsdann für Erhaltung der besseren, ganz dornlosen Sorten. *Crataegus* dagegen, die nicht der Früchte wegen cultivirt wird, behält die Stacheln, weil geringere Zuchtwahl stattfindet; doch ist *Crataegus* minder eine Schattenpflanze, deshalb auch mehr Thierangriffen ausgesetzt, dorniger und daher weniger zur Variation geneigt, auch wohl weil sie als Waldrandpflanze minder als Apfel und Birne in andre Vegetationsbedingungen, das sind stärkere Insolation und grössere Temperaturschwankung, bei der Cultur versetzt wird. Eine Mittelstufe zwischen diesen Culturpflanzen hält die Pflaume, die wie *Crataegus* Waldländer liebt und wie Apfel und Birne wegen der Früchte grosse Zuchtwahl erfährt. Deren wilde Form ist *Prunus spinosa*; sie behält

die Stacheln in der Cultur länger; dies ist die Form *P. insititia* mit meist kugeligen Früchten, während die höhere Culturform *P. domestica* dornenlos ist und meist längliche Früchte besitzt. Damit verändert sich correlativ die Blattbehaarung, wie ich später zeigen werde. — Werden nun aber diese dornenlosen Culturformen wieder in ursprüngliche Verhältnisse versetzt, so gehen sie meist zu Grunde, weil sich diese Culturpflanzen nicht gegen weidende Thiere erhalten können, wobei allerdings noch zu berücksichtigen ist, dass diesen cultivirten Früchten, wie ich zeigte, Verbreitungsmittel fehlen, sie sich also nicht vermehren können. Auch die Stacheln verhalten sich betreffs Verschwinden im Culturzustand analog, wie ich später bei der Himbeere zeigen werde.

Die umgekehrte, wechselseitige Anpassung des Thierreichs an die Dornflora müssen wir im Esel und im Kameel erkennen, welche stachelige, dornige Pflanzen mit Vorliebe verzehren.

Die meist hochsträuchige Meerstrandsflora oder vielmehr Meeresnäheflora in den Tropen ist in der Regel sehr stachelig: die *Mimosen* und *Acacien* sind in Westindien, *Bambusa spinosa* in Hinterindien nahe dem Meere schrecklich verbreitet. In Turong in Anam sind es zahllose andre dornige Sträucher, die es mir unmöglich machten, vorzudringen. Und zwar ist dort die *Maquis*-Form, wie es Grisebach nennt, die vorherrschende Vegetation, also Sträucher, die eng beisammen wachsen, und kaum mannshoch sind, sodass grosse Thiere und Menschen gerade mit dem Gesicht das dichteste Gewirr der durcheinander wachsenden Dornsträucher passiren müssten; man kann also nur darunter hinweg kriechen. Wir dürfen dies dichte Zusammenwachsen als ein Geselligkeitsschutzmittel gegen Thiere von gewisser Grösse auffassen. Wo *Maquis* vorherrscht, sind Thiere von Grösse der Esel, der wilden Pferde, Rehe und Hirsche fehlend. Auch für den Menschen ist es leichter, in den Urwald einzudringen als in die meist dornige *Maquis*-Vegetation. Der Elephant ist infolge seiner dicken Haut die gegentheilige Adaptation an dorniges *Maquis*-Land und zugleich an sumpfige Urwaldvegetation, sodass man ohne ihn in den Ueberschwemmungsgebieten Hinterindien's kaum reisen kann. Da nun aber dornige *Maquis*-Vegetation in vielen, namentlich heissen Ländern eine häufige Erscheinung ist — in Mitteleuropa fehlend —, so drängt sich Jedem unwillkürlich die Ansicht auf, dass sie nur erhalten blieb, weil der Thierfrass früher alles Andre zerstörte. —

Umgekehrt haben wir im Norden an der Grenze der polaren Region auch *Maquis*, wengleich dornenlos; das ist aber nur das Resultat ungünstigen Wetters, der kurzen Vegetationszeit und der Kälte. — Auf Java's südwestlichem Strande bildet ein meterhohes Gras mit kugeligen Blüthenköpfen, die aus 4" langen, starken, nadelförmigen Spelzen bestehen, oft einen fast undurchdringlichen Wall. Dann sind es die gesellig wachsenden, auch am Stamm stacheligen, meist nicht hohen *Bactris*-Palmen in allen tropischen Brackwasserlagunen, die dem Reisenden das Eindringen verleiden\*). Hier kann weder Hirsch-

\*) Indess möchte ich nicht jede undurchdringliche tropische Vegetation als einen geselligen Schutz gegen weidende Thiere betrachten. Im Himalaya z. B. in Höhe von 8—10,000' trifft man oft als Unterholz in den mächtigen Wäldern eine *Bambus*-Species gar eigener Art an. Der Stengel ist stark holzig, kieselig hart, aber nur 3—4 Meter hoch und 20—30 Cm. dick; die Verzweigungen sind unbedeutend. Dabei stehen aber die einzelnen Stengel so dicht, meist nur 4—6 Zoll voneinander entfernt und sind auf grossen Strecken so häufig, dass es für grosse Thiere resp. Menschen absolut unmöglich ist, in dies wunderliche Dickicht einzudringen. Selbst

frass noch Steppenklima Ursache sein. Wir müssen diese Dornbildung als Erbe einer fast untergegangenen, tropischen, riesigen Pflanzen- und Thierwelt betrachten, von der wir besonders aus der Menge der damals ungeschützten Pflanzen nur noch die *Musaceen* resp. Krautbäume und von den dazu passenden Pflanzenfressern die *Pachydermen* kennen, auf die ich weiterhin speciell zurückkomme; für jetzt bemerke ich nur noch: diese Ansicht wird ausserdem dadurch gestützt, dass jene Dornflora mit zahlreichen Giftpflanzen gemischt ist, namentlich *Asclepias indica*, strychninhaltigen *Rubiaceen* (Arten von *Plumiera*, *Gardenia* und Verwandten) und holzartigen *Tricoceen*. — Zu Dornen metamorphisirte Blätter fehlen dieser gegen die Thierwelt angepassten Dornflora.

Dagegen ist die reiche Dornflora der Steppen und Wüsten andren Erhaltungsurprunges; dort sind es meist Blätter, die sich zu Dornen umwandeln; der Stamm übernimmt oft selbst die Functionen der Blätter. Dadurch wird der Flächenraum, der der Sonne exponirt ist, beschränkt, die Verdunstung vermindert, sodass der Saftumlauf in der dürrn Jahreszeit um so länger andauern kann — was übrigens noch andre Organisationen, wie wir sehen werden, zugleich besorgen.

Die Stacheln, Emergenzen, die meist aus dem unter der Epidermis liegenden Gewebe entstehen, dienen ebensowohl als Kletterorgane und zur Verbreitung der Früchte, denen sie auch als Schutzmittel gegen weidende Thiere und Vögel nützlich sind, als auch, um kleinere Thiere am Aufklettern zu verhindern; sie sind daher meist abwärts gerichtet; namentlich sind es Schnecken und *Aphiden*, überhaupt *Insecten* mit weicher Haut, die dies Hinderniss nicht zu überwinden vermögen. Oft sind nur die der Blüthe nächsten Theile, zuweilen nur die Kelche stachlig; ein Beweis, dass nur diese geschützt werden sollen. Manchmal erscheint diese Eigenschaft zwecklos; so meint Focke, dass bei *Rubus* die Stacheln eine ererbte Eigenschaft seien und diese Pflanzen früher wahrscheinlich hochkletternd waren. Dies ist im Allgemeinen richtig, indessen giebt es heutzutage noch zwei Brombeerarten, die bis 120' lang oder noch länger werden und lianenartig auf und abklettern: *Rubus paniculatus* im Himalaya und *R. pyrifolius* Sm. auf Java, die zwar lange schon bekannt sind, aber in dieser Hinsicht nicht beschrieben waren. Die längsten Exemplare, die ich gesehen, hatten dennoch nur einen Stengel von ein Zoll Durchmesser.

Das übrigens die Stacheln der Rosen und Brombeeren zugleich als Schutzmittel gegen weidende Thiere dienen, geht daraus hervor, dass die jüngsten, kaum holzigen Theile der sterilen Stengel, so lange sie noch niedrig sind, also wenn sie von weidenden Thieren für Kräuter gehalten werden können, viel dichter bestachelt sind, als die nachwachsenden, mehr holzigen und hohen Stengeltheile. Daher erscheinen die untersten Theile der Brombeerstengel auch im Alter noch dichter bestachelt als die oberen. — In der Cultur, bei der dieses Schutzmittel entbehrlich ist, kommen Formen von Himbeeren zum Vorschein, wo diese Jugendbestachelung fehlt, d. h. sie kommen nicht etwa zum Vorschein, weil sie entbehrlich sind; sie treten zuweilen auch wild auf, gehen aber dann durch weidende Thiere leicht zu Grunde. Diese Formen verwenden, wie es scheint, die zur Bildung von Stacheln ersparten Säfte zur Entwickelung besserer Früchte, die wiederum vom Gärtner bevorzugt werden. So kommt es, dass

andre Pflanzen wachsen nur vereinzelt unter dieser eigenartigen, dichten Vegetation. Es existirt dort oben aber gar keine Fauna grosser Thiere; ebensowenig ist es aber eine verkrüppelte Strauch-Vegetation wie in subpolaren Gegenden.

wir in Gärten viele stachellose Himbeeren besitzen. Doch vollzieht in Gegenden, wo seit langen Zeiten wenig Wild ist, die Natur diese Auswahl auch von selbst, sodass bessere Beeren, stachellose Stengel und Wildarmuth meist correlativ sind. In den Ver. St., die noch keine lange Culturzeit haben, sah ich nur Himbeeren, deren Stengel bis zur Spitze reich bestachelt sind. — Bei *Berberis* sind an den jüngsten Trieben, die der Gefahr, abgefressen zu werden, viel mehr ausgesetzt sind als die grossen Sträucher, alle Blätter zu Dornen verwandelt.

Den Stacheln verwandt sind die holzigen Stieldrüsen bei manchen *Rubus*-arten; es sind diese sogenannten Drüsen hier aber gar nicht drüsig-klebrig, sondern einfache Epidermisanhäufungen auf holzigen Borsten. Der in den Tropen Asien's gemeine *Rubus moluccanus* ist stieldrüsenlos; wo er jedoch im Himalaya ohne grosses Uebergangsterrain in die Winterregion, also zu 7—10000', einwandert, wird er plötzlich stieldrüsig und verkümmert und zwar je mehr dies geschieht, desto reicher wird er an Stieldrüsen. Die äusserliche Reduction der Pflanze in Folge Klimawechsel ist grösser als die innerliche, als die in den Wurzeln ererbte Kraft des Wachsens: nun kommen die Stieldrüsen zum Vorschein. Es verhalten sich mehrere tropische Brombeerarten derart. — Eine andre Sorte Drüsen, die viel Confusion beim Studium der Brombeeren veranlasst haben und die — wie es leider oft geschah — mit obigen verwechselt wurden, sind die holzfreien, von mir so genannten Sitzdrüsen\*). Es sind keulenförmige Epidermisauswüchse, die zur Characterisirung der Arten werthlos sind und sich bei *Rubus fruticosus* und Verwandten meist nur an der stark-besonnten Seite des Stengels bilden, bei *R. Chamaemorus* aber auch auf Blättern vorkommen. Beide Fülle lassen sich durch klimatische Reduction des Wachstums, das auf die äusseren Theile zunächst einwirkt, dem aber die ererbte innere Eigenschaft kräftigeren Wachsens entgegenarbeitet, erklären.

Stachlige Blätter bei Disteln, *Ilex* und *Ulex*, *Centaurea*-Arten, *Eryngium* und zahlreichen andern Pflanzen sind nur ein Schutzmittel gegen weidende Thiere. — Kerner sagt in seinem trefflichen Werk über die Gruppe *Tubocytisus* (Seite 45), dass der Mangel dorniger Gewächse und die Seltenheit stachliger Pflanzen im alpinen Gebiet gewiss mit der Armuth an Thierspecies zusammenhänge und zeigt, wie die mediterrane Flora, die ein reiches Thierleben besitzt, auch reich an stechenden, dornigen, stachligen Pflanzen ist. In gleicher Weise sind auch dornig-stachlige oder hakige Früchte nicht bloss als Verbreitungsmittel für Pelzthiere anzusehen, sondern es muss diese Eigenschaft der Früchte zugleich als Schutzmittel gegen weidende Thiere und Vögel aufgefasst werden, wofür uns — wie ich zeigte — Umbelliferen einen directen Beweis liefern.

*Victoria regia* hat auf der Blattunterseite Stacheln, die nur gegen den Angriff von Fischen und anderer schwimmender Thiere als Adaptation erklärt werden können. Hier möchte ich auch die Gräser mit stachelspitzigen Blättern anschliessen, deren Kerner eine Anzahl aufführt, die deshalb vom Vieh gemieden werden; die meisten solcher Gräser wachsen indess auf dürrer Boden, sind also ein Resultat des Klimas, ein Analogon der Steppendorfflora. Die heerdenweise auftretenden Pferde sind die gentheilige Anpassung an stachelspitze Steppengräser und gedeihen dadurch vorzüglich. Das Rindvieh der Steppen muss auch hiergegen gut geschützt sein; dagegen erwähnt Kerner einen Fall, wo spitze Alpengräser die Nüstern weidender Thiere blutig verletzt haben.

\*) Vergl. meine „Reform deutscher Brombeeren, Leipzig. 1867.“

Ferner will ich hier die schneidigscharfen *Carex* und *Cyperus*-Arten erwähnen, die auch, und zwar wegen der schneidigen Blatt- und Stengelränder vom Vieh gemieden werden. Weil nun solche Pflanzen meist auf nassen Wiesen wachsen, ist man oft der Ansicht, dass derart „saure“ Wiesen nur ungesundes Futter hervorbringen. Das scheint mir doch ein starker Irrthum zu sein. Denn ebendort können *Glyceria*, *Festuca* und andre gute Gräser wachsen und dies ist in den Tropen in feuchten Savannen wirklich der Fall; es sind schneidige Halbgräser in unsren nordischen Sumpfwiesen nur so häufig, weil früher die guten Gräser zu stark abgeweidet wurden. Uebrigens sind die trocknen Wiesen des nördlichen Waldgebietes eine in vielen natürlichen Florengelieten fehlende Erscheinung und dürften deren Gräser meistens montanen Ursprunges sein. In den Gebirgen waren sie weniger der Verfolgung von Thieren ausgesetzt, entwickelten deshalb keine Schutzmittel und wanderten, als wilde Thiere bei uns infolge der Cultur seltner wurden, in unsre Niederungen ein. Die Kräuter ohne Schutzmittel sind in Betreff ihrer Ausbreitung, weil sie üppiger ins Kraut wachsen, nicht so viel Kraft auf die Schutzmittel zu verwenden brauchen, meist im Vortheil gegen andre Kräuter, wenn sie in thierarme Gegenden kommen. Alpenpflanzen haben Standortsschutz.

Es ist auch ein indirectes Schutzmittel zu erwähnen: der Schutz, den eine gut geschützte Pflanze andren fast nicht geschützten Pflanzen gewährt. So sehen wir insbesondere viele Heckenpflanzen ungeschützt, z. B. *Aegopodium Podagraria*, *Convolvulus sepium*, *Polygonum Convolvulus*, *Torilis Anthriscus*, *Triticum caninum*, *Lathyrus pratensis*, *Vicia dumetorum*, *sepium*, *Cracca*, *Trifolium medium* u. s. w.; wie es denn eine Menge Kräuter giebt, die gern unter dichtem Gebüsch und unter Dornen wachsen, nur auf diese Weise vor weidenden Thieren geschützt sind und sich derart erhalten. Umgekehrt giebt es aber einige kleine Kräuter, die diesen Standort wegen des Schattens lieben. Dr. Bolle theilt mir mit, dass die Dickichte der cactusartigen *Euphorbien* auf den Canarischen und Capverde-Inseln die Zufluchtsstellen der seltensten Pflanzen seien. Man kann die meisten windenden krautigen Pflanzen geradezu als eine Adaptation gegen weidende Thiere betrachten, während wir die meisten Lianen des tropischen Urwaldes als eine Anpassung ansehen müssen, die diese Pflanzen aus dem Waldesdunkel zum Sonnenlicht führt, wo sie erst blühen und Früchte bilden, da sie erst hier von Insecten gesehen und befruchtet werden.

Manche der Heckenpflanzen sehen wir oft in Obstgärten auftreten, wo sie dem Vertilgen durch Thiere kaum ausgesetzt sind. Auch die Wiesen in stark cultivirten Gegenden, wo es kein Wild mehr giebt, besitzen viel mehr Heckenpflanzen, als die Wiesen in wildreichen Gegenden. In Getreidefeldern finden wir auch eine Anzahl ungeschützter Pflanzen, Ackerunkräuter, die sich dort infolge des indirecten Schutzes, den ihnen der Mensch gegen weidende Thiere unwillkürlich gewährt, gut erhalten.

Eines geschützten Standortes erfreuen sich auch die Epiphyten — echte oder unechte — und diese sehen wir fast stets ohne Schutzmittel. In den Tropenwäldern Java's, Hinterindien's und im Himalaya ist ausser *Farnen* und *Orchideen* namentlich *Polygonum chinense* derart ungemein häufig auf Bäumen verbreitet; diese Art hat essbare Beeren und wird von Vögeln verbreitet. Sie gedeiht ebensogut auf der Erde, aber leidet sehr unter weidenden Thieren, sodass man sie nur selten an feuchten Standorten als Landpflanze sieht.

Einer wunderbaren stachelartigen Höckerbildung begegnet man an manchen *Pandanus* und *Bombax*-Arten, ferner bei *Erythrina* (hier am ganzen Stamm);

dort sind oft nur am Fuss des Stammes, bei gewissen *Pandanus* und *Palmen* manchmal nur an den besenförmig-stelzenartigen Luftwurzeln, über deren Knotenpunkt sich ein einzelner Stamm erhebt, starke, kurze, aber zahlreiche Stachelhöcker. Ich kann dies nur als ein Schutzmittel gegen aufkletternde Schnecken erklären, welches namentlich in früheren Perioden, wo diese Tropenbäume mehr in Sümpfen wuchsen und Weichthiere ungleich zahlreicher gewesen sein müssen, von besonderer Wichtigkeit war. Wurzelstachelhöcker sollen sich am ausgeprägtesten an einer *Sonneratia* des Karolinenarchipels finden, ferner bei *Taxodium distichum*, das wie viele *Podocarpus*-Arten zu den im Sumpf wachsenden *Comiferen* gehört.

Als Schutzmittel gegen den directen Angriff weidender Thiere sind die Brennhaare mit Ameisensäureausscheidung der *Urticaceen* und *Loasaceen* zu erwähnen. *Jatropha urens*, eine *Tricoccee*, hat die schlimmsten Brännborsten; nach *Leunis*, der indess alle Reisemärchen getreulich über jede Pflanze berichtete, soll der Curator des Gartens zu Kew von einem Stachel dieser Pflanze — sie ist gar nicht stachlig — am Handgelenk berührt bewusstlos hingefallen sein. Ich halte eine solche Wirkung dieser Brennhaare bei einer schwächlichen Constitution nicht für unmöglich, zumal wenn eine durch Furcht vor der Pflanze gereizte Phantasie mithilft. Ich habe mich indess einmal aus Versehen, als ich dieses Kraut noch nicht kannte, die in den Küsten-Anden Venezuela's häufig ist, auf dieselbe gesetzt — ich bin zwar sofort erschreckt aufgesprungen, denn die Haare waren mir durch Hose und Hemd in das Sitzfleisch gedrunken, aber sonst hatte ich keinen Schaden davon. Von San Estebe transportirte ich einst, durch Puerto Cabello wandernd, eine Quantität dieser Pflanze, die ich mit vier Bogen Papier umwickelt angefasst hatte; da sah ich denn zu meinem Erstaunen, wie mir nicht blos Menschen, sondern auch alles Vieh scheu auswich, trotzdem dieselbe gar nicht so gefährlich aussieht, als z. B. manche grosse Brennesseln auf Ostjava, die im Dienggebirge, wo Javaner fleissig europäische Gemüse bauen, manchmal als Gartenzaun benutzt werden. Doch haben gerade die gefährlichsten *Urticaceen*-Bäume Blätter mit so kleiner unscheinbarer Behaarung, dass man, wenn ungewarnt, sicher Lehrgeld geben muss. Eine *Loasacee*, die ich in Venezuela kennen lernte — wie mir Dr. Ernst in Caracas sagte, ist es *Mentzelia aspera* \*) —, besitzt die merkwürdige Eigenschaft, dass ganze Zweige, wie Bologneserfläschchen, bei Berührung in Stückchen zerspringen, und haften dann diese 1 Cm. — 1 Zoll langen Theile überall wie Kletten, wo sie hinkommen; dieser Pflanze geht man gern aus dem Wege! Sie besitzt so eins der besten Schutzmittel gegen Thiere, die sich vor ihr scheuen.

An die Brennhaare schliessen sich die zerbrechlichen, dabei meist kleinen, leicht in's Fleisch dringenden Haare an, insbesondere die mancher *Ficus*-Arten, namentlich des Himalaya, wo sie sich am Stengel, Blättern und Früchten finden, ferner die Haare an den Früchten der kletternden *Leguminose Mucuna (Dolichos) pruriens*, welche ich auf Java kennen lernte und persönlich stets sehr gescheut habe: denn man erhält diese Haare bei Berührung in Unmenge in's Fleisch und kann sie, weil sie so kurz sind, nur schwierig wieder entfernen. Es bleibt zu untersuchen, ob die Haare kiesel- oder kalkhaltig sind, ebenso die von *Borragineen*, die Linné bezeichnend *Asperifoliae* nannte, deren

\*) Meine botanischen Sammlungen von dort sind noch nicht bestimmt.

meiste Arten vom Vieh unangetastet bleiben. Vielleicht darf man die langen, steif abstehenden Haare vieler anderer Pflanzen als eine *Mimicrie* für *Asperifolien* betrachten, diese Pflanzen dadurch als leichter erhalten sich erklären, weil sie deshalb vom weidenden Vieh aus Unkenntniß verschont wurden, z. B. bei manchen *Hieracien*, *Campanula glomerata*, *C. Cervicaria*, *Agrimonia*, *Knautia etc.* Sicher finden wir in *Campanula Trachelium* eine *Mimicrie* für die *Brennnessel*, die letzterer im Laub sehr ähnlich sieht und sehr bezeichnend auch *C. urticifolia* heisst. Wenn ich in den brüchigen Haaren mancher *Ficus* etc., vielleicht auch bei denen von *Echium* und anderen *Asperifolien* Kieselgehalt vermüthe, so ist dies veranlasst durch zwei javanische *Ficus*-Arten, deren Epidermis stark kieselhaltig ist, derart, dass sie wie *Equisetum himale* zum Holzpoliren benutzt werden; dasselbe ist der Fall bei einem niederen Baum, den ich auf Savannen Trinidad's fand, *Curatella americana*. Solches Laub wird natürlich von keinem Vieh gefressen. Auch *Deutzia scabra* aus Japan hat Kieselhaare.

Brennhaare mit Ameisensäure erinnern lebhaft an Ameisen, die den Pflanzen meist schaden. Dagegen giebt es allerlei Adaptationen. Ein Consortium von Thieren mit einer Pflanze, als ein Schutzmittel für die Pflanze betrachtet, will ich als prüfungswerth hier erwähnen: Blattläuse und Blätter als Schutz für Blüthen gegen aufkletternde Ameisen; wild wachsende saftige Pflanzen, auch cultivirte *Vicia Faba*, gedeihen trotz der Blattläuse meist recht gut, nur Gartensträucher, die zuweilen stark verschnitten werden, kränkeln durch dieselben; doch werden letztere in Gärten wegen fehlender Ameisen meist auch nicht gemolken und kränkeln die Sträucher vielleicht deshalb, weil dann die Läuse sterbend zu Schimmelpilzen Anlass geben. — Beim Ameisenbaum, *Cecropia peltata*, der in Costarica, wenigstens im östlichen Theile, sehr häufig wächst und oft geradezu für die Landschaft charakteristisch ist, beobachtete ich auch ein eigenes causales Zusammenleben von Ameisen und Pflanzen; in dem hohlen, durch Querwände getheilten Stengel leben Ameisen stets in Menge; sie bauen ihre Nester darin (dies geschieht sehr selten auch im *Bambus*) und bohren sich meist nur ein oder zwei Löcher in jedes Stengelfach. Diese im jungen Zustande lange Zeit krautigen Stengel mögen dadurch vielleicht gegen den Angriff weidender Thiere geschützt sein. Ich habe nicht mehr als zwei dieser etwa 7—9 Cm. dicken, — die Wandung ist nur 6—8 Mm. stark — baumartigen Gewächse niedergeschlagen, denn ich bin dann jedesmal von Ameisen tüchtig gestochen worden. Ich bin an Ameisen ziemlich gewöhnt gewesen, namentlich beim Pflanzenumlegen; sie beißen nicht, sobald man sie vom Arm etc. nur wegbläst; man muss sich dagegen hüten, wenn man eine Anzahl auf sich herumlaufen hat, was ein Botaniker in den Tropen gar nicht umgehen kann, einzelne zu tödten, weil sonst die anderen wohl fliehen, man aber zugleich meist verschiedene Stiche von ihnen erhält. Ich bin überzeugt, dass die derart sterbende Ameise durch uns Menschen nicht wahrnehmbare Töne ihre Genossen warnt und zur Rache veranlasst; ich weiss recht wohl, dass sich Ameisen sonst nur durch Tasten verständigen, kann aber meine Mittheilung verbürgen, da ich durch Experiment oft Bestätigung fand. Oder sollten dann Ameisen den Tod einer der Ihrigen durch Geräusch merken? Es fiel mir damals auf, dass ich, ohne direct aggressiv gegen die Ameisen vorzugehen, dennoch nicht blos beim Niederschlagen dieser Pflanzen, sondern noch eine Woche lang, sobald ich den abgeschlagenen Stengel in die Hand nahm, stark zerstoehen wurde. Diese Ameisen bauen im Stengel selbst ihr Nest und hatte ich durch Dislocation der Pflanze ihren Zorn erweckt.

Nachdem ich dies geschrieben hatte, erfuhr ich die schöne Entdeckung von Thomas Belt und Fritz Müller, dass Blattschneiderameisen (*Oecodema*) im tropischen Amerika den Bäumen ungemein schaden, indem sie Blätter in enormen Quantitäten einsammeln, um darauf in ihren unterirdischen Colonieen Pflanzplantagen anzulegen, wodurch die junge Brut ernährt wird, ferner dass viele einheimische Pflanzen in Nicaragua sich durch besondere Einrichtungen gegen diese Vernichtung schützen, namentlich indem sie Anpassungen an andre Ameisengeschlechter besitzen, welche die von ihnen bewohnten Pflanzen nicht nur gegen diese Blattschneiderameisen, sondern auch gegen Raupen, Ohrzangen u. s. w. schützen. So haben viele *Melastoma*-Arten eine Tasche an der Basis jedes Blattes, welche kleinen Ameisen zur Wohnung dient, eine *Acacie* besitzt sehr grosse hohle Dornen zu gleichem Zwecke, andre Pflanzen haben Drüsen, die von Ameisen gefressen werden. — Auch mir sind diese Blattschneiderameisen oft aufgefallen, namentlich einmal in Costarica, als ich sie über den Pfad hinweg weisse Blumenblätter transportiren sah; dadurch aufmerksam gemacht, sah ich in die Höhe und fand, dass sie dieselben von einem ziemlich hohen Baum holten. Man sieht, wie nöthig dagegen Schutzmittel sind, denn wenn solche Ameisen gar Blumenblätter zuweilen ausschliesslich vernichten, muss ja die Fruchtbildung nebenbei verhindert werden. — Ameisen rauben besonders auch Blüthenhonig und verhindern dadurch die Befruchtung; zu ihrer Abhaltung besitzen viele Pflanzen süsse Blattdrüsen. Delpino zählt zwanzig Gattungen auf, bei welchen sich süsse Drüsen — *Nectarien* — ausserhalb der Blüthe an Blättern oder Nebenblättern finden z. B. *Ricinus*, *Prunus*, *Amygdalus*, *Vicia*, *Sambucus*, *Paeonia*, *Centaurea*, ferner solche mit häufigeren Tropenbäumen: *Acacia*, *Cassia*, *Erythrina*, *Tecona*. Auch Wespen werden durch *Nectarien* angelockt und verschrecken dadurch andre Insecten; Ratzburg betont namentlich den Nutzen der Ameisen, die solche süsse Drüsen aufsuchen, als raupenvertilgender Thiere.

Die Behaarung dient Steppenpflanzen z. B. *Artemisien* gegen zu starke Sonnenbeleuchtung und verhindert deshalb Verdunstung, was als Ersatz für Dornbildung nöthig ist, da diese Pflanzen lange Zeit keinen Regen und meist auch keinen Thau erhalten. Die Alkali-Efflorescenz des Steppenbodens ist meist so schwach, dass sie bei Thau nicht existiren könnte; ich erwähne dies nur als ein Zeichen der Seltenheit feuchter Niederschläge.

Dann dient die Behaarung der Blattoberflächen, die meist striegelig schrägaufwärts gerichtet ist dazu, den Regen, besonders aber den Thau aufzufangen und festzuhalten. Es ist klar, dass die tagüber fast horizontal gestellten Blatthaare durch Aufrichtung der Blätter befähigt werden, viel mehr Wassertropfen aufzunehmen. In horizontaler oder abwärts geneigter Stellung würde die Feuchtigkeit ablaufen oder sich nicht so sammeln können, wie in den Winkeln, die aufrechte Haare mit der Blattsubstanz bilden. Der Thau absorbirt Spuren von Gasen, die in der Luft befindliche von Thieren und Pflanzen ausgehauchte Kohlensäure, die in Wäldern durch Verwesung entstehenden gasförmigen Kohlenwasserstoffverbindungen, auch Ammoniakgas — deshalb erscheint uns die Luft am Morgen und nach Regen so rein —; der Thau absorbirt auch etwas Luft und alle diese Stoffe, der Thau, das Wasser selbst einbegriffen, werden von solchen Blatthaaren festgehalten, damit die mit Sonnenaufgang wieder beginnende Assimilation in nächster Nähe — wenn auch ausserhalb — vorrätzig angehäufte Nährstoffe finde, wohl auch damit durch Verdunstung des Thaues die Aufsteigerung der Säfte aus der Wurzel in der Pflanze eingeleitet und beschleunigt werde, gemäss den Gesetzen der Capillarität, was uns ein Beispiel

erläutern soll. Verschliesst man eine senkrechte Haarröhre mit Lehm, der einmal angefeuchtet fortwährend Wasser verdunsten lässt, so steigt aus grosser Tiefe in der Röhre stetig Wasser empor; fehlt an der oberen Oeffnung diese Vermittelung, so steigt auch keine Flüssigkeit empor. Nachdem die Pflanze während der Nacht gewissermassen geruht, nur Stoffwechsel besorgte, Kohlensäure ausathmete, veranlasst der Thau auf den Blättern beim Erscheinen des Tageslichtes neue Arbeit, Aufnahme von Nährstoffen in die Pflanze und stärkere Ausathmung von Sauerstoff. — Dieselbe Function, Wasser festzuhalten, dürften auch rauhe, runzliche Blattoberflächen übernehmen. — Nach Kerner haben die Blatthaare sogar die Bedeutung von Kühlapparaten, indem sie durch starke Wärmeausstrahlung den Wasserdampf condensiren, Thaubildung veranlassen. Glatte nackte Blattoberflächen entbehren dieser Hilfsmittel und so erklärt es sich denn, dass solche Pflanzen auf der Blattoberseite oft keine Spaltöffnungen haben, z. B. *Coniferen*, manche Steppenpflanzen, während sie meist unterseits neben den Spaltöffnungen behaart sind; vielleicht erklärt es sich dadurch, dass manche Pflanzen nachts die Blätter aufrichten, damit der durch die Temperaturabkühlung entstehende Thau von den vorherrschend auf der Blattunterseite befindlichen Haaren aufgefangen werde. Vielleicht ist die sensitive Eigenschaft vieler Pflanzen in weiterer Folgerung hieraus als passender Erhaltungszustand zu erklären, indem bei fallenden Wassertropfen sich die Blätter aufrichten.

Wir finden *Phototonie* namentlich bei *Mimosen* und *Acazien*-Bäume; man darf diese im Ganzen und Grossen als Abkömmlinge von Steppenpflanzen betrachten, theils weil sie es zum grössten Theil noch sind, theils weil, wie wir später sehen werden, ihre Blüten auf eine regenlose Zeit adaptirt sind; Steppenpflanzen aber müssen bei dem seltenen Thau und Regenfall auf möglichste Absorption des Wassers aus der Luft organisirt sein. Hiermit verhält sich analog, dass auch *Marsilea*, die in Australien gemein ist, und die vielen phototonen *Oxalis*-Arten am Cap in regenarmen, zeitweis regenlosen Gebieten wachsen. In den Kaffeepflanzungen Java's verwendet man in neuerer Zeit diese Eigenschaft praktisch, indem man einen Leguminosenbaum, der nachts die Blätter aufrichtet, als Schattenbaum benutzt; es ist dies *Albizzia moluccensis*, die des Tages die Kaffeesträucher gegen die Sonne schützt und nachts den Ueberfluss von Thau nicht abhält, sodass der Kaffee jetzt besser gedeiht, als früher unter Schattenbäumen von *Erythrina*. Dagegen sind manche *Phyllanthus*-Arten, welche auch nachts die Blätter zusammenlegen, aber gleichzeitig die tagüber unterhalb der Blätter versteckten grünlichen Blüten aufrichten, zu untersuchen, ob bei ihnen nicht durch Thau Befruchtung veranlasst werde.

Da die reizbaren Organe der phototonen Pflanzen durch Steigerung der Turgescenz parenchymatischer Zellen wirken — nach Hofmeister sind die Zellmembrane imbibitionsfähig und permeabel —, ist es erklärlich, dass dies bei Eintritt der Nacht geschieht, wenn ein Wechsel in den inneren Functionen der Pflanzen eintritt, wenn der Saftfluss aus den Wurzeln nach den Blättern aufhört, wenn der alsdann nur stattfindende Stoffwechsel die in den Blättern tagüber assimilirten und angehäuften Stoffe denselben theilweise entzieht, um sie in der ganzen Pflanze zu verwenden. Es muss also eine viel stärkere Zuströmung des Saftes von den Blättern nach den Stengeltheilen nachts stattfinden, als am Tage, wo die Assimilation und die damit verbundene Verdunstung die Wirkungen des zugleich stattfindenden Stoffwechsels bedeutend überwiegt, zumal nachts in Folge des Thaues und der niederen Temperatur Verdunstung kaum stattfindet. Infolge der Schwere

dürften durch den beim Eintritt der Nacht stattfindenden Rücktritt des Saftes zunächst die unteren Theile des reizbaren Parenchymgewebes berührt werden, diese am meisten turgesciren, was die Aufrichtung der Blättchen veranlasst, während beim Beginn des Tages durch starkes Aufsteigen der Säfte der obere Theil des reizbaren Organes mehr turgescirt und stärker von diesen Säften beeinflusst wird, wodurch die normale Ausbreitung der Blättchen erfolgt. — Während der Nacht selbst und im Laufe des Tages findet ein Ruhestand infolge nicht wechselnder Functionen statt. —

Sehr verwandt sind die Organe der Pflanzen mit *Contactotonus*, deren Blättchen also infolge plötzlicher Berührung oder Erschütterung genau dieselbe Stellung einnehmen wie phototonische Pflanzen; es erhellt dies schon daraus, dass alle contactotonischen Pflanzen zugleich auch phototonische sind. Der Unterschied soll darin bestehen, dass bei ersteren, die im Allgemeinen selten sind, das oberliegende Parenchymgewebe von einer wenig ausgebildeten Epidermis bedeckt ist, sodass schon der auffallende Thau oder Regentropfen dieselbe Wirkung hervorbringt, indem er leichter eindringt und durch die oberen permeablen Parenchymzellen zunächst infolge der Schwere die unteren Zellen beeinflusst, die befähigt sind, stärker zu turgesciren; dies findet auch am Tage statt, wenn die Luft sehr feucht ist; dann stellt z. B. *Mimosa pudica* die Blättchen aufrecht. Was der auffallende Wassertropfen bei diesen nun einmal derart gebildeten, reizbaren Organen hervorbringt, kann man sich auch durch Berührung verursacht denken. Es wird dadurch aus den Blättern ein momentaner Saftzufluss nach den Stengeltheilen stattfinden, der aber, weil er nur vorübergehend ist, nur veranlassen kann, dass auch die Blättchen nur vorübergehend sich aufrichten. Da kein so starker Saftaustausch im Laufe des Tages zwischen Blatt und Stengel, wie beim Wechsel von Tag und Nacht stattfindet, erklärt sich auch die vorübergehende Erschlaffung des oberen Parenchymgewebes der contactotonen Organe infolge Saftmangels. — Auf die nicht allzureichen Erfahrungen über reizbare Blätter, um die sich insbesondere Pfeffer Verdienste erwarb, habe ich diese Hypothese gegründet, die hoffentlich durch fernere Beobachtungen, wenigstens für viele Fälle, bestätigt wird. Betonen möchte ich für jetzt, dass die Tag- und Nachtstellung der Blätter mit den wechselnden Saftströmungen bei Tag- und Nachtwechsel zusammenhängt.

Der mechanische Reiz, den ursprünglich der Regen- oder Thautropfen durch Auffallen bewirkt, entsteht also auch durch zufälliges Berühren oder durch Erschütterung: die Blätter legen sich ebenso zusammen. So ist es erklärlich, dass bei *Drosera* ein auffliegendes Insect gefangen und so lange festgehalten werde, als es Berührung veranlasst, also bis es stirbt. Anscheinend hat nun *Drosera* keine sensitiven Blätter, sondern sensitive Haare oder, wie man es nennt Tentakeln; es ist aber vielleicht richtiger, deren verzweigte Drüsen-trichome, weil sie Leitbündel enthalten, welche in Haaren doch nie sind, als bis auf die Hauptnerven durch Rückschreitung verkümmerte Blätter aufzufassen\*); die Verzweigungen dieser sensitiven Organe entsprechen in der That den Verzweigungen von Blattnerven. Dann muss man das, was man bisher bei *Drosera*

\*) Trichome mit Fibrovasalsträngen finden sich ausserdem, wie E. Warming, und besonders O. Uhlworm zeigten (Vergl. bot. Ztg. XXXI), als Stacheln der Blattzipfel bei *Cirsium*, *Echenais*, *Echinops*, an den Kelchblättern bei *Agrimonia* und am Fruchtknoten bei *Datura* und *Aesculus*: alle diese Trichome kann man füglich als metamorphisirte Blätter betrachten.

für ein Blatt gehalten, als einen verbreiterten Blattstiel betrachten, was ja nicht unwahrscheinlich ist, da sonst ein Blattstiel fehlt. Wer nun nicht überzeugt ist, dass Pflanzen Insecten bis auf das Chitin aufzehren, zumal da früher nützliche Eigenschaften, die ererbt sind, weil sie der Pflanze nicht direct schaden, nicht unbedingt als zweckhabend erklärt werden müssen, kann sich auch mit der Erklärung begnügen, dass verwesende Thierorganismen bei Berührung mit Pflanzenorganismen letztere contagiös in Mitleidenschaft ziehen, sie leichthin oberflächlich zersetzen und momentane, stellenweise, krankhafte Saftausscheidungen und Saftaustausch veranlassen. Wenn nun bereits, wie bei *Drosera* am Ende der Leitbündel der verkümmerten Blätter offene Stellen vorhanden sind, die aufströmenden Pflanzensaft, der ausfließt, weil er in Folge der mangelnden Blattfläche zu wenig Verwendung findet, ausscheiden, wenn also solche drüsenartige Gebilde schon vorhanden sind, so darf es nicht Wunder nehmen, dass diese Oeffnungen vom verwesenden Thierkörper zuerst afficirt werden und bei dieser Gelegenheit aussergewöhnlich viel Saft ausscheiden.

Ich will indess weniger gegen die Sache selbst sprechen, als gegen den unpassenden Namen „insectenfressend“. Es setzt dies ein Verschlingen, einen Willen voraus und von dem kann bei einer Pflanze nicht die Rede sein. Dieser Ausdruck erinnert mich stets an einen gleichen: „das Zinn schreit“. Es steht durch Beobachtungen fest, dass die Blätter überhaupt direct Wasser aufnehmen können, und mit ihm alle darin befindlichen gelösten Substanzen, namentlich Gase; es sind dies meist Verwesungsproducte und ist es gleichgültig, ob letztere thierischen oder pflanzlichen Ursprunges sind. Auch für jede stickstoffhaltige, nahrhaftere Feuchtigkeit dürften Pflanzen reizbarer sein, als für reines Wasser. Eine Adaptation von *Drosera*, *Dionaea*, *Nepenthes* etc., dass Insecten gefangen werden und diese Pflanzen von deren Zersetzungsproducten leben, anzunehmen, liegt allerdings nahe; doch zeigen wiederum Culturversuche, wobei Insecten abgeschlossen sind, dass diese Pflanzen jene Nahrung leicht entbehren können, dass letztere nicht Regel, sondern Ausnahme ist. Ja, *Dionaea* gedeiht ohne Insectennahrung besser; sie kränkelt, wenn man sie oft mit Insecten versorgt, weshalb man von einer Adaptation hierfür nicht sprechen sollte. Man darf nur von einem Zusammentreffen besonderer Umstände reden, wodurch diese Pflanzen organische Nahrung auch aus Insectenleichen ziehen.

Die nächtliche Aufrichtung der Blätter ist auch bei deutschen Pflanzen nicht selten, häufiger als ich früher glaubte; doch ist sie oft nur eine ererbte, zwecklose Eigenschaft, weil wir sie bisweilen bei kahlen Blättern finden, zwecklos geworden, weil nichts so leicht an einer Pflanze unter modificirten Lebensbedingungen sich ändert, als gerade Behaarung.

Betrachten wir die Haare als zur Absorption der Wasserdämpfe und gasförmigen Nahrungsmittel der Pflanzen besonders geeignet, so erklärt sich eine bisher unverständliche Thatsache, nämlich die, dass die Blätter vorherrschend unterseits mehr behaart sind, als oberseits. Denn da solche meistens, wenigstens tagüber, horizontal gestellt sind, ist die behaarte Blattunterfläche, insofern sie dem Wasserdampf und Gase entsendenden Erdboden zunächst befindlich ist, der passendste Erhaltungszustand; die sonnige Luft, die auf die Blattoberseite vorzugsweise einwirkt, bietet den Pflanzen nicht soviel Nahrung. Dann verstehen wir auch die soeben ausführlich besprochene, aufrechte Nachstellung der Blätter besser; denn nachts sind die den Pflanzen aus dem Luftozean in Folge Luftabkühlung im Thau condensirten und nähergebrachten Nahrungsmittel reichlicher, als sie der Boden meist tagüber liefert und es ist

für die Pflanze vortheilhafter, wenn die stärker behaarte Blattunterseite dann aufgerichtet wird. Dann verstehen wir, dass die stark cuticularisirten und insofern gegen Temperaturschwankungen geschützten Pflanzen z. B. neuholländische *Eucalypten* mit senkrechter Blattstellung kahl sind und wie die meist kahlen *Terebinthineen*, *Coniferen* auch keine phototonen Blätter haben, da sie auf Ernährung durch Haare nicht adaptirt sind.

Um den zur Nahrungsaufnahme zweckentsprechenden Bau eines Haares recht begreiflich zu machen, bemerke ich, dass es keine geeignetere Gestalt giebt, die bei so wenig Körperinhalt soviel Aussenseite darbietet, wodurch einerseits das Gewicht dieser Zellen auf ein Minimum reducirt und andererseits die Aspirationsfläche die denkbar grösste ist. Sehen wir Zellen, die zur Aufnahme von flüssigen oder gasigen Nahrungsstoffen und zugleich zur Assimilation vorhanden sind, meist um so mehr Aussenseite im Verhältniss zum Inhalt entwickeln, je mehr sie die Aspiration besorgen und je weniger sie selbst als Anhängungs-ort für Nahrungsstoffe dienen, — auch für thierische Organismen gilt dies, denn Blutkügelchen z. B. sind concav-concav, — so sehen wir bei den Haaren, die gar keine Nahrungsstoffe behalten, sondern sie sofort durch eine kleine Berührungsfläche in das Innere der Pflanze abgeben, die denkbar grösste Aussenseite zum kleinsten Inhalt entwickelt. Umgekehrt können aber die Aspirationsorgane, weil ihre Verbindung nach Innen bei trockenem Wetter unbedeutend, vielleicht gar contractibel ist, der Verdunstung keinen Raum bieten, während flach liegende Epidermiszellen dem Vertrocknen leicht ausgesetzt sind, wenn sie nicht verhältnissmässig stark korkhaltig sind.

Ferner dient Behaarung bei jungen Blättern, Knospen, Früchten im jüngsten Zustande als Schutz gegen Kälte oder rauhes Wetter; so sehen wir, dass sehr viele sonst kahle Pflanzen nur in der Jugend behaart sind; in verstärktem Maasse besorgen diesen Schutz Wachstüberzüge und klebrigen Harzstoffe. Ja, die Behaarung der Blattunterfläche verwandelt sich bei der *Alnus*-Art, die Linné als *Betula Alnus* zusammenfasste, zuweilen in einen Wachstüberzug und schliesslich, je nördlicher sie vorkommt, in einen Harzüberzug. Die Form unsrer Erle, wo sich die haarförmigen Epidermiszellen in wachsausscheidende verwandeln, nennt man *Alnus incana* var. *glauca* Regel. Ich fand sie vergangenes Jahr in Oberbayern und Tyrol häufig, auch Uebergänge zu haarförmiger und harzabscheidender Bildung nicht selten. Da auch die übrigen Unterschiede ihrer local allerdings oft beständigen Formen: *A. glutinosa*, *intermedia* und *incana*, variiren — es giebt z. B. glutinose Erlen mit nur spitzen Blättern — so ist die Linné'sche Auffassung der Art richtiger, als die der neueren Botaniker. Ich nannte sie bereits 1867 in meiner Flora von Leipzig, wo ich noch mehrere neue *Alnus*-Formen publicirte, *A. februaria*; der Name ist nicht recht passend, denn in Italien z. B. blüht sie nicht im Februar; ich will sie daher besser *A. Linnaei* benennen. Bei der Wanderung nach Norden war diese Erlen-Art aber in der Blattknospe nicht genügend gegen Kälte geschützt, sodass die Blattspitzen in der Jugend erfroren und die nordische Form *glutinosa* sich auch durch verkümmerte Blattspitzen kennzeichnet; dies ist hier infolge Vererbung fast zur Regel geworden; doch die jüngsten Blätter sind bei *A. glutinosa* gar nicht selten spitz, besonders in Gegenden, die minder kalt und die als klimatisch vermittelnde Standorte passend für verschiedene Erlenformen sind. Um Augsburg auf dem Lechfelde hat die dort sogenannte *A. incana* in der Jugend meist keine spitzen Blätter; um Leipzig sind die jungen Blätter der

dort sogenannten *A. glutinosa* noch häufig spitz, ebenso im Spreewald; weiter nördlich verschwinden die spitzen Jugendblätter.

Einen ähnlichen Fall finden wir bei *Musa paradisiaca*; auch hier sind die jungen Blattspitzen fast constant verkümmert, unregelmässig schwarz abgestorben; dagegen haben die jungen, in der Knospelage befindlichen Blätter noch grüne Spitzen. Hier ist es eine Zeitwandelung, die dies hervorbrachte. *Musa* hat jedenfalls in früherer geologischer Periode, wo es noch heisser war, als es heute unter dem Aequator ist, normal spitze Blätter gehabt, sodass selbst durch Abkühlung der Erde eine solche Erkältungsverkümmerng am Aequator entstehen und schliesslich constant werden konnte. Ich habe übrigens auf diese merkwürdige Eigenschaft sowohl bei wilden, wie bei cultivirten *Bananen* andauernd geachtet, als ich in Indien reiste; sie ist ganz unabhängig vom localen Klima und findet sich nicht etwa blos in kälteren Districten, z. B. auf Java in Höhe von 5—6000'; auch die wilden Formen, die im Preanger wenige Fuss über Meereshöhe wachsen, haben verkümmerte Blattspitzen.

Der Schutz gegen übermässige Insolation und zugleich gegen Kälte, also gegen starken Temperaturwechsel, ist vielen Pflanzen nöthig und scheint hauptsächlich durch Behaarung herbeigeführt zu werden; namentlich verworrene und enganliegende, sternförmige, verwachsende und verzweigte Haare dienen hierzu. Bei alpinen Pflanzen finden wir insbesondere letztere Eigenschaften. Ferner ist es eine bekannte Thatsache, dass die meisten Pflanzen, die in unsrem Klima gleichzeitig im offenen Lande, wo der Temperaturwechsel stark ist, und im Wald, wo es gleichmässiger warm und schattig ist, vorkommen, im letzteren minder behaart sind, was keineswegs immer mit üppigerem Wachstum zusammenhängt; deshalb sind die wilden, schattig wachsenden Formen der Birnen und Aepfel fast kahl, die cultivirten dagegen filzig und selbst die wilde Form der Pflaume (*Prunus spinosa*), welche Waldränder liebt, ist minder behaart als die davon abzuleitende *Prunus domestica*. Beispiele für kahlere Schattenform und behaartere, Temperaturschwankungen mehr exponirten Insolutionsformen sind: *Rosa canina*, und *v. dumetorum*, *Rubus caesius* und dessen *v. agrestis*, *Lampsana*, *Agrimonia Ajuga*, *Stachys palustris* und deren *var. segetum*, *Berteroa incana* und deren *var. viridis*, *Galeopsis Ladanum* und deren *var. umbrosa*, *Polygonum Convolvulus* und dessen Schattenform, die man mit Unrecht spezifisch als *C. dumetorum* trennt, etc.

Insbesondere zeigen Pflanzen, die dem Austrocknen — abgesehen von Insolation — sehr ausgesetzt sind, also die auf hohen Bergen in verdünnter Luft oder in trocknen arktischen Regionen (weil die zur Blüthezeit fehlenden Nächte keinen den Pflanzen nöthigen Thau zuführen) wachsen und solche, die in der Wüste leben oder zeitweilig austrocknenden Wüstenwinden exponirt sind, meist sehr dichte Behaarung oder aber eine starke Cuticula, falls sie kahl sind. Es sind dies Eigenschaften, die zugleich gegen den scharfen Wüstenstaub schützen, dessen sogar glasätzende\*) Eigenschaft nicht zu unterschätzen ist. Kerner betrachtet die dichte Behaarung mancher Alpenpflanzen als Schutzmittel gegen den Föhn. *Rubus moluccanus* erhält erst in Ostjava's höheren Gebirgsregionen, wo australische, trockne Winde herrschen, eine verwebt-wollige Stengelbehaarung, während er diese sonst nicht besitzt; genau so ist es mit süd-

\*) Bekanntlich werden Fensterscheiben von vielen anwehenden Sand blind; neuerdings ätzt man ja mit Wind und Sand geradezu Glas, indem man die Stellen, welche ungeätzt bleiben sollen, mit einer weichen Substanz, z. B. Wachs, überzieht.

europäischem *R. sanctus* und noch mehr mit dessen kleinasiatischen und syrischen Formen, die den Wüstenwinden zunächst sind, der Fall; hier sind die Stengelhaare sogar anliegend-verwachsen; je nördlicher *R. sanctus* wächst, um so mehr lockert sich die Behaarung; so ist *R. dalmatinus* eine Mittelform zu *R. argenteus*; er geht allmählig zur wollwebigen Form *R. pubescens* und schliesslich zur norddeutschen Form *R. villicaulis* und *R. vulgaris* über, bei der die Büschelhaare am Stengel abstehen und frei sind. — *Quercus Robur* im weiteren Sinne aufgefasst, also *Q. sessiliflora*, *pedunculata* und *pubescens* eingeschlossen, zeigt so recht in der Behaarung die Einwirkung des feuchten und trocknen Klima's; erstere zwei Formen besitzen zwar auch kurzgestielte Sternhaare auf den Blättern, wie *Q. pubescens*, aber sie sind nur in der Jugend vorhanden und viel kleiner; sie schützen das junge Blatt oder sind ein infolge südlicher Abstammung ererbter Zustand; die im ausgewachsenen Zustand kahlblättrigen Formen finden wir in den an feuchten Niederschlägen reicheren nordischen Ländern, Deutschland, England, Schweden, Russland etc., die Form *Q. pubescens* an mehr trocknen südlichen Standorten, in Italien, Spanien, Ungarn etc. Aehnlich verhält es sich mit *Crataegus*.

Ferner schützt Behaarung zuweilen Blütenknospen, um Regen abzuleiten; auch bei Blättern und Stengeln darf man abwärts gerichtete Haare z. Th. so auffassen, dass sie Ueberfluss von Regenwasser ableiten, zumal wenn sie auf der Blattoberfläche abwärts gerichtet sich finden.

Die zahlreichen Functionen der Haare in den Blüten werde ich später erörtern. Jetzt will ich die Behaarung, wie dies Kerner zuerst ausführt, als Schutzmittel gegen aufkletternde Insecten besprechen.

Nicht anfliegende Insecten, insbesondere Ameisen, sind den Blüten schädlich. Nicht blos, dass Ameisen die unverschämtesten, fleissigsten und intelligentesten Räuber von Nectar sind, sie vermeiden auch langrüssligen, Befruchtung vermittelnden Insecten den Blumenbesuch, indem sie, einmal in die Blüthe gelangt, den Insectenrüssel beim Begegnen abbeissen. Kerner hat Ameisen mit feinen Borsten gekitzelt, sie sind dann keineswegs geflohen, sondern haben die Borsten abgebissen.

Ameisen werden aber durch abwärts stehende Haare an Stengeln, besonders wenn sie den Stengel ringförmig umgeben, völlig abgewehrt. So erklärt sich die häufige Erscheinung, dass unter Stengelknoten sich haarige Ringe befinden. Ebenso widerwärtig sind den Ameisen Drüsenhaare und harzige Klebstoffe, die auch oft nur an Stengelknoten vorkommen, zuweilen aber erst am Kelch sich finden. Das bekannteste Beispiel ist *Lychnis Viscaria*. In Hinterindien helfen sich auch die Menschen zuweilen durch ein einfaches ähnliches Mittel gegen Ameisen, indem sie einen Kreis von Holzkohle oder Kreide um einen zu schützenden Gegenstand ziehen. Natürlich sind derartige Schutzmittel nicht allgemein gültig, denn die aufkletternden Insecten, auch die vielen Ameisenarten, verhalten sich nicht gleich, wie z. B. auch Wasserabschluss nicht unbedingt gegen weisse Ameisen hilft. Es sind Fälle bekannt, wo sich eine Anzahl Ameisen vereinten, selbst mit Todesverachtung, um den übrigen eine Brücke über das Wasser zu bilden.

Kerner zeigt, dass Wasser ein vortreffliches Mittel als Isolirschrift gegen das Aufklettern schädlicher Insecten ist und in der That entbehren die meisten Wasserpflanzen der Behaarung; Wasser ist also ein Standortsschutzmittel. An Pflanzen, die verworrene, wollwebige Behaarung am Stengel haben, können kleine Insecten nicht aufkriechen.

Wir sehen also Pflanzenhaare von sehr verschiedener Gestalt und Stellung den verschiedenartigsten Schutz den Pflanzen bieten und sogar als Nahrungsorgane bei Landpflanzen entwickelt, als welche sie bei Wasserpflanzen entbehrlieh sind. Dass sie als Schutzmittel zu betrachten sind, geht auch aus der Entwicklungsgeschichte hervor. Wir finden Wasserpflanzen fast stets ohne Haare und da Wasserpflanzen früher existirt haben müssen, als Landpflanzen, letztere aus ersteren sich entwickelten, so darf man auch folgern, dass solche Landpflanzen sich leichter erhielten, bei denen Behaarung zuerst auftrat.

Die zahlreichen *Hieracium*-Arten, die von dem Linné'schen *H. cymosum* abgezweigt sind, z. B. *H. praealtum*, *echioides*, *pratense*, *Nesteri*, *floribundum*, *fallax*, *cymigerum*, *Zizianum* etc., beruhen auf Unterschieden in der Behaarung und zwar besitzen unsere nord- und mitteldeutschen *Hieracien* dreierlei Haare: 1. sehr kleine Sternhaare, 2. viermal grössere Drüsenhaare und 3. acht bis zwanzigmal grössere einfache Haare, welche letztere zwei gegenständige, gesägte Linien besitzen. Die dritte Sorte der Haare kann nun verschieden lang, ferner abstehend oder aufrecht, biegsam oder steif sein. Hierauf und je nachdem eine oder die andere Sorte der drei Haare vorherrscht oder sparsam ist, beruhen die specifischen Unterschiede, die keineswegs beständig sind. Man darf das verschiedene Behaartsein hier als Schutzmittel gegen verschiedene aufkriechende Insecten, die je nach dem hügeligen, schattigen, sumpfigen oder Wiesen-Standort verschieden sind und gegen welche vielleicht die Drüsenhaare am besten wirken sowohl, als wie z. B. das Fehlen oder Auftreten der Sternhaare als Schutzmittel gegen Wetterunterschiede auffassen, während die die langen, steifen Haare vermuthlich grössere weidende Thiere in Folge Mimicrie an *Asperifolien* abhalten. Nie fehlt aber eine Haarsorte vollständig. An diese Formen des *H. cymosum* schliesst sich dann als Farbenspielart *H. aurantiacum* L. und das vermittelnde *H. bicolor* Koch als Varietät an. Auch *H. murorum* L., von der ich in meiner Flora von Leipzig nur sechs Behaarungscombinationen aufführe, ist insofern specifisch zersplittert worden. Doch sind auch durch Anpassung an gewisse befruchtende Insecten, die zu verschiedenen Monaten fliegen, aus einer Art mehrere Formen entstanden, die sich ausser durch die Blüthezeit fast nicht unterscheiden; so zeigt Kerner dies bei *Hieracium Halleri* und *alpinum* oder *Hieracium murorum*, *vulgatum*, *Ausserdorferi* oder *Hieracium villosum*, *dentatum* und *nudum*. Solche Arten machen sich keine Concurrenz und können durcheinanderwachsen. — Die Variation der Arten in Bezug auf Behaarung ist selten ohne Uebergangsstufen und deshalb specifisch wenig werthvoll; nur wenn durch Beobachtungen feststeht, dass Mittelformen fehlen, sind Behaarungsunterschiede specifisch anzuwenden; ferner aber sind sie höchst werthvoll, wenn Arten ganz verschiedene Haare besitzen, wie z. B. *Rubus tomentosus* nur Sternhaare und *R. sanctus* Schreb., resp. *R. fruticosus* auct. nur einfache Haare auf der Blattoberfläche zeigen, die mindestens auf den jüngsten Blättern vorhanden sind, während beide Sorten Haare nebenaneinander nur auf den Blättern des Bastardes dieser zwei Arten sich finden und für letzteren sehr beweisend sind, obwohl sie zuweilen an Formen dieser Arten sowohl wie des Bastardes namentlich bei ausgewachsenen Blättern fehlen.

Die wachsähnlichen Ueberzüge, die sich von den harzartigen oft schwer unterscheiden lassen, lernten wir bereits als Schutzmittel für junge Blätter und Knospen gegen Kälte und Regen kennen; die fettartigen Ueberzüge bei

schwimmenden Palmenfrüchten habe ich als Verbreitungsschutzmittel beprochen; die klebrigen Ueberzüge werde ich später behandeln. Hier will ich noch auf einige Eigenschaften der glatten, wachsartigen Ueberzüge aufmerksam machen. Bei manchen Pflanzen findet sich noch im ausgewachsenen Zustande ein wachsähnlicher Ueberzug; er schützt die Pflanze gegen zu starke Verdunstung; auf ihm gleiten aber auch die Ameisen aus und vermögen nicht darüber zu klettern. Dicht unter den Blüthenkätzchen von *Salix daphnoides*, sagt Kerner, ist ein spiegelglatter Wachsring, über den Ameisen nie hinwegkommen; den Nectar bereits witternd fallen sie von jenem Ring oft mehrere Meter tief zur Erde. — Wir finden Wachsüberzüge namentlich an grossen Beeren häufig; sollen sie dort nun gegen vorschnelles Verwesens, gegen Regen oder gegen aufkletternde kleine Insecten schützen? Jedenfalls gegen alle drei Widerwärtigkeiten zugleich. Kleine Insecten sind ja grossen Beeren zur Verbreitung nicht nützlich, wenigstens so lange letztere am Baume hängen; ähnlich leiden, wie schon Darwin zeigte, flaumige Früchte viel weniger von Käfern als nackthäutige.

Bei Steppen und Strandpflanzen, *Asclepiadeen*, *Cacteen*, vielen *Liliaceen*, *Euphorbiaceen*, ferner *Ficus*-Arten treffen wir meist dicke Säfte, seien sie schleimig, milchig oder salzig. Sie dienen sowohl dazu, weil die festen Bestandtheile der Säfte grössere Anziehungskraft für's Wasser haben als die trockne Luft, sie besitzt, in der Sonnenhitze oder trocknen Jahreszeit die Saftcirculation zu verlangsamen und zu erhalten, als auch scharfflüssige Insecten, z. B. Ameisen, Käfer, am Aufklettern zu verhindern, welche den Stengel oder das Blatt ritzen, wodurch diese Säfte etwas ausfliessen und die Thiere durch den Klebstoff des Saftes, vielleicht auch durch dessen narkotischen oder salzigen Geschmack verschrecken. Kerner giebt von Milchsaftgewächsen einige Beispiele, wo er selbst beobachtete, wie Ameisen schleunigst von ihnen flüchteten. Doch sind Milchsaft der Pflanzen meist giftig und daher namentlich auch ein Schutz gegen weidende Thiere. —

Wir haben Klebstoffe als Verbreitungsmittel der Früchte und als Schutzmittel kennen gelernt — den augenfälligsten Schutz bieten sie vielen *Silene*-Arten, bei denen die Blüthenstiele theerartige Ausscheidungen gegen aufkletternde Insecten besitzen —; ausserdem ist der Klebstoff süsser Drüsen an Blättern und Nebenblättern, wie wir besprachen, ein Ablenkungsmittel für Ameisen, damit der Blüthenhonig nicht geraubt werde, zugleich aber auch ein Anlockungsmittel für bestimmte Ameisen gegen die noch viel schädlicheren Blattschneiderameisen, Raupen u. s. w. Für ein Ablenkungsmittel ankriechender Insecten hält Kerner auch den oxalsauren Kalk, welchen besondre Organe an den Blatträndern mancher *Saxifraga*-Arten abcheiden; dann müsste man dies als Vergiftungsabwehr betrachten; indess dürfte gerade diese Secretion nicht oxalsaurer, sondern kohlenaurer Kalk sein, ähnlich den *Cystolithen* bei *Urticeen*, *Moreen* etc.; doch könnten die Ablagerungen von oxalsaurem Kalk in der Epidermis von *Mesembryanthemum*- und *Senpervicum*-Arten als giftiges Ablenkungsmittel angesehen werden.

Ferner kann der Klebstoff auch in der Blüthe selbst als Schutzmittel gegen zur Befruchtungvermittlung unpassende, anfliegende Insecten dienen, derart, dass der Nectar nicht von unberufenen Gästen geraubt werden kann. So giebt Kerner ein Beispiel an *Monotropa glabra*; hier ist die tellerförmige Narbe oben klebrig und nimmt kleine Insecten gefangen, grössere Thiere mit mindestens 12 mm. langem Rüssel, die den Nectar erreichen und die Be-

fruchtung der ur unterseits conceptionsfähigen Narbe veranlassen können, überwinden dagegen diesen Klebstoff. — Dass schliesslich der Klebstoff in den Blüten öfters zur Befruchtungsvermittlung der Insecten nöthig ist, zeigen uns namentlich die *Orchideen*.

Das nächste Agens sowohl gegen klimatische Ungunst, als auch unbefruchtete Thiere sind ätherische Oele, die, wie wir gesehen, in den Blüten zur Anlockung berufener Gäste dienen und abfallenden Beeren zur Verbreitung durch kriechende Insecten nützlich sind. Starkbesonnte Pflanzen, besonders die der Steppen, entwickeln in den Laubtheilen häufig ätherische Oele. So sind auch die in Italien häufigeren *Labiaten* meist wohlriechend und Pflanzen mit ätherischen Oelen im Laub sind in den Tropen häufiger, als bei uns; z. B. ist die ganze Ordnung der *Terebinthinae* fast nur tropisch. Der in den westlich von den Rocky Mountains gelegnen Steppen so sehr verbreitete *Sage-shrub* (Salbeistrauch) gehört zu *Artemisia*-Arten\*); dort sind es sehr niedrige Sträucher, welche viel salbeiartig-riechendes Oel entwickeln. Grisebach erklärt, dass durch Verdunstung der ätherischen Oele die Verdunstung des Zellsaftes verlangsamt werde, indem dabei theils Abkühlung stattfindet, theils eine mit Oel geschwängerte Atmosphäre das Blatt umschwebt. Ich möchte darauf aufmerksam machen, dass bei langsamer Verdunstung von ätherischem Oel durch Oxydation meist Harz entsteht, welches vielleicht durch einen ephemeren, sehr dünnen Ueberzug die weitere Verdunstung des Zellsaftes gerade während der wärmsten Tagesstunden vor Abend, wo die Trockenheit der Luft am grössten und die Erschöpfung der Blätter infolge Verdunstung bereits sehr gross ist, verhindern dürfte.

Wir haben gesehen, dass Steppen- und Wüstenpflanzen viele Schutzmittel haben, um die Saftarmuth zu beschränken. Diese Saftarmuth ist für dieselben aber auch von Vortheil, denn gerade diese Pflanzen haben die grössten täglichen Temperaturschwankungen auszuhalten. In den Steppen der westlichen Vereinigten Staaten habe ich im Oct. 1874 wochenlang — 2<sup>0</sup> und + 20 bis 23<sup>0</sup> R. gemessen. Aehnliche tägliche Differenzen sind auch in Nordwestbengalen und der Sahara häufig. Die succulenten *Euphorbien* und *Cacteen* besitzen solche Säfte, die trotz so grosser Temperaturdifferenzen sich nicht stark ausdehnen können. Wären diese Säfte nicht mit amorphen, unkrystallisirbaren Stoffen, die die Wärme schlecht leiten, belastet, so würden die Zellen zersprengt werden; Kochsalz verhält sich insofern auch günstig, denn es erschwert selbst das Gefrieren der Säfte, wie das des Wassers, da es in Wärme und Kälte gleich löslich ist.

Es sei hier gleich die eigenthümliche senkrechte Blattstellung der australischen *Eucalypten* und phyllodientragenden *Acacien* angeschlossen, die man insofern als ein Schutzmittel gegen das Steppenklima erklären kann, als dadurch die Insolation auf ein Minimum reducirt wird, wodurch in den Pflanzen eine grosse Oekonomie im Saftaustausch während der dürren Zeit herbeigeführt wird. Geben diese australischen Wälder fast keinen Schatten, so können auch die Blätter, resp. Phyllodien fast nicht besonnt sein.

Dem Laub dient ferner das ätherische Oel jedenfalls am meisten als Schutzmittel gegen weidende Thiere, nicht blos, weil die in Blättern be-

\*) Diese *Artemisia*-Sträucher sind nur 1—1½' hoch und haben die merkwürdige Eigenschaft, wie manche Kohlrabistrünke, dass ihr holziger Stamm sich, wenn er etwa 2—4 Cm. (nicht etwa Mm.!) dick ist, fast regelmässig in 2—4 Theile spaltet, deren jeder noch mehrere Jahre weiter wächst.

findlichen Oele in der Regel nicht angenehm riechen, sondern, weil sie auch in zu grossen Mengen darin vorkommen und widerwärtig schmecken. Ein ähnliches, aber eigenartiges Schutzmittel besitzen die Blätter des neuerdings als Culturbegleiter über die Tropen überall sich stark verbreitenden Strauches *Lantana Camara*. Deren Blätter riechen leichenartig, sodass sie nie vom Vieh gefressen werden, selbst von Raupen nicht. Die Stengel sind allerdings auch etwas stachelig. Vor zwanzig Jahren war dieses Gewächs auf Java noch unbekannt; jetzt ist es dort, besonders in Westjava, die allerschäufigste Pflanze. Man kann nicht selten Flächen von einer englischen Quadratmeile maquis-artig nur von ihr bedeckt sehen. Als diese Pflanze noch neu auf Java war, zierte man einst zu Ehren eines Gouverneur-Generals die Zimmer mit Guirlanden von *Lantana*, welche wunderschöne, farbenreiche und in jedem Blütenstand farbenwechselnde Blüten zeigt, musste indess schon nach wenigen Stunden wegen des Leichengeruches den Laubschmuck entfernen. Dieser Strauch nimmt sofort jedes Stück Land ein, das urbar gemacht wurde und dann vernachlässigt wird; selbst das bisher in solchen Fällen gemein auftretende *Alang-Alang*-Gras wird von *Lantana* verdrängt; deren Beeren dürften ebensowohl von Vögeln als auch — weil die Sträucher gesellig wachsen — von kriechenden Insecten verbreitet werden. — Ein ebenso eigenartig riechendes Schutzmittel besitzen die Gurken, einen Stoff, der sich zugleich in *Borrage* findet.

Was indess betrifft ätherischer Oele als Schutzmittel vom Laub gesagt ist, gilt auch von Wurzeln und Früchten. Das Baldrian- und Calmusöl, ferner das Citronell-, Lemongras- und Gingergrasöl, welches sich in den Wurzeln einiger *Gramineen* und *Cyperaceen* findet, schützen diese vor unterirdischer thierischer Zerstörung, ebenso wie z. B. die Samen von Fenchel, Anis, Kümmel u. s. w. in den Apotheken von Würmern kaum zerstört werden. Die weichen, grossen, sonst ungeschützten Samen aller *Umbelliferen* werden deshalb auch von Vögeln meist verschont. Dass sich übrigens über den Geschmack nicht streiten lässt, zeigen uns von den wenigen citirten Beispielen Baldrian und Anis; der von fast allen Thieren gemiedene Baldrian kann Katzen entzücken und mit Anisöl oder -samen lockt man sowohl Tauben an, wie man umgekehrt Läuse damit vertreibt. *Asperula odorata*, das uns Menschen angenehm ist, wird von Wiederkäuern verschmäht; ebenso wird das denselben Stoff — *Cumarin* — enthaltende Gras *Anthoxanthum* nur im trocknen Zustande wenn der Geruch fast verloren ging, vom Vieh gefressen. In *Costarica* lernte ich auch ein selten gebautes Gras kennen (leider ohne Blüten), dessen Laub — nicht blos die Wurzel — durch ätherisches Oel geschützt ist und das angenehm citronartig schmeckt; Creolen würzten den Kaffee damit. Der Tropenreisende *Jago r* erzählte mir von einem in den Nilherry-Mountains wachsenden Gras, das stark nach Palmöl riecht. Dass den *Labiaten* insbesondere der Gehalt des Laubes an ätherischem Oel als Schutzmittel gegen weidende Thiere dient, zeigt gewissermaassen der Umstand, dass die Arten, welche nicht ätherische Oele besitzen, andre Schutzmittel haben, z. B. *Marrubium* ist bitter oder *Satureja* pfeffrig schmeckend. Haben sie solchen Schutz nicht, wie z. B. *Galeopsis*, dann variiren sie stark, mit so vielen intermediären Formen, dass ich z. B. für Deutschland nur zwei *Galeopsis*-Arten anerkenne oder aber sie sind niedrig, unscheinbar wie *Glechoma*, *Prunella*, *Scutellaria*, *Ajuga*. Es beweist nicht das Gegentheil, dass 21 Sorten Insecten auf *Mentha* leben, denn diese schaden ihr nicht entfernt soviel, als wenn sie z. B. von Schafen ganz gefressen würde. *Galeopsis* zeigt uns die Entstehung eines Schutzmittels bei *Labiaten*, das der borstigen,

gegliederten Haare, die, wie ich in meiner Flora von Leipzig zeigte, bei *G. Tetrahit* bald steif, bald weich, bald häufig, bald fast fehlend sind. — Ein andres beweisendes Beispiel, dass fast keine Pflanze ohne Schutzmittel ist, zeigen uns die krautigen *Umbelliferen*; solche, welche nicht ätherisch sind, sind entweder giftig — *Leunis* führt von letzteren an: *Hydrocotyle, Astrantia, Cicuta, Sium, Oenanthe, Aethusa, Selium, Heracleum, Anthriscus, Chaerophyllum, Conium* — oder sie sind stachlig-starr, wie *Eryngium, Falcaria* und manche *Bupleurum*-Arten.

Es ist bemerkenswerth, dass alle ätherischen, giftigen, scharfen Drogen von Insecten zerfressen werden; es ist dies jedoch nur in getrocknetem Zustande der Fall, bei ätherischen Drogen namentlich erst, wenn sie älter werden, also Oel verlieren. Im frischen Zustande sind diese Stoffe viel mehr, jedenfalls in der Regel, als Schutzmittel aufzufassen; möglicherweise, dass getrocknete narkotische Stoffe unverdaut den Insectenkörper passiren. — Die terpenölhaltigen Blätter der *Coniferen* werden vom weidenden Vieh in der Regel nicht berührt, wohl aber sah ich auf meiner Reise in der Sierra Nevada Californiens, dass meine Pferde in Ermangelung anderen Futters viel Nadelholzblätter frassen. aber nur solche, die abgefallen, vergilbt und geruchlos geworden waren. Von vielen aromatischen Weidekäuern ist es bekannt, dass sie nur trocken vom Vieh gefressen werden. Im natürlichen Verlauf kann dies erst nach der Fruchtbildung stattfinden; alsdann hat das ätherische Oel seinen Zweck erfüllt und verschwindet mit dem Verdorren des Krautes, nachdem also der Samen bereits verbreitet wurde. Die halbwild lebenden Viehheerden der Pflanzler in den dürren Rocky Mountains und benachbarten Steppen und Prairien verzehren den grössten Theil des Jahres fast nur am Boden verdorrte Gräser und Kräuter und gedeihen dabei sehr gut. Diese geruchlosen, abgestorbenen Pflanzen sind Ursache, dass in Steppen Pferde- und Rindviehheerden sich so gut ernähren und vermehren — eine Thatsache, die europäischen Landwirthen im Westen der Vereinigten Staaten anfangs immer schwer begreiflich scheint.

Indess ist überhaupt kein einziges Schutzmittel durchgreifend, man muss immer zwischen Regel und Ausnahme unterscheiden. Auch für ätherische Oele giebt es gegentheilige Anpassungen. So zählt z. B. *Leunis* für *Mentha aquatica* und *silvestris* 5 Käfer, 13 Raupen, 2 Blattläuse und 1 Wanzenart auf. Doch schaden diese — wie gesagt — sämmtlich nicht entfernt so viel, als wie es eine Wiederkäuerart thun würde.

Wir kommen nun zu den Pflanzengiften, die als Schutzmittel gegen weidende Thiere in des Wortes vollster Bedeutung anzusehen sind, für die wir keine andere Erklärung besitzen und die man, wie alle Schutzmittel, derart entstanden denken muss, dass beim Vertilgungskampfe, den die Thiere gegen die Pflanzen führten, sich nur solche Pflanzen erhielten, bei denen solche Eigenschaften zunächst als vereinzelte Abweichung sich einfanden. Denn wenn man die aufsteigende Entwicklung der heutigen organischen Welt aus der einfachsten Form annimmt, hat man keine andre Erklärung für Erhaltung unsrer heutigen schutzmittelreichen Vegetation. Ich brauche wohl nicht hier die zahlreichen Gifte — dies Wort im weiteren Sinne genommen — aufzuführen; es giebt ja viele Bücher darüber. Wir sehen ganze grosse Familien durch Gifte geschützt, z. B. *Ranunculaceae, Solanaceae, Euphorbiaceae, Araceae, Cinchoneae*. Doch gelten alle bitteren, beitzenden, sauren, narkotischen, adstringirenden Pflanzensäfte auch nur bedingungsweise, wenn auch in der Regel als Schutzmittel gegen weidende Thiere; Pferde, Ziegen, Kühe zeigen oft sehr

verschiedene Geschmacksrichtung. Es giebt eben für jedes Schutzmittel, wie-wohl seltner, gegentheilige Anpassungen.

Eine besondere Erwähnung verdienen die giftigen *Rhus*-Arten, z. B. *R. toxicodendron*, *variolobata* und *verniciifera*, die Rothlauf, Geschwüre und sonstige Hautkrankheiten veranlassen, bei letzteren zwei Arten schon durch Berührung der Pflanze; die erstere Art wirkt merkwürdigerweise nicht auf alle Menschen gleich und verliert in der Cultur mehr oder minder die giftigen Eigenschaften. Der Saft von *Excoecaria Agallocha* macht blind, wenn er beim Fällen der Bäume in die Augen spritzt. Der Saft einer *Aroidee*, die ich in Cambodgia kennen lernte, ätzte die Haut wie eine scharfe Säure. Als bitteres Gras möchte ich *Weingaertneria canescens* aufführen, die kein Thier anrührt; dagegen hat sich *Lolium temulentum* als unschädlich erwiesen; in Südafrika ist eine *Melica*-Art, *Dronk*-Gras genannt, sehr verrufen; *Stipa inebrians Hance* gilt in der Mongolei als giftig und in Quito ist das *Bigouil*-Gras, *Festuca quadridendata*, den Thieren schädlich.

In den Tropen leben die massenhaft auftretenden Baumzirpen (Grillen, Cicaden), die durch ihr unerwartetes, schlachtähnliches Geschrei\*) den Reisenden erschrecken, nicht auf milchsäftigen Bäumen, z. B. Feigen. Indess bedürfen die Schutzmittel gegen diese Thiere noch vieler besonderen Beobachtungen; sie sollen den krautigen Theilen von Holzpflanzen Säfte entziehen und sind deshalb besonders schädlich. Milchsäftige und salzhaltige, dabei meist kahle Pflanzen sind nicht blos von aufkletternden Ameisen gemieden, sie sind auch durch ihre Säfte vor weidenden Thieren geschützt, ebenso wie viele *Allium*-Arten und viele kressenartig schmeckende *Cruciferen* durch schwefelhaltige, widerliche Verbindungen vor Gewürm und weidenden Thieren und wie viele Samen sonst geniessbarer Früchte oder die Früchte selbst durch Säuren, Tannin und sonstige schlecht schmeckende Stoffe vor Vögeln, Fledermäusen und Affen. Wie wir viele Pflanzentheile von Holzgewächsen in der Jugend nur durch Stacheln bewaffnet sehen, sind auch manche Keime auffallend nur durch Gift geschützt. Die Kartoffelkeime enthalten am meisten Solanin; die Kartoffel selbst ist bis auf die Schale giftfrei, also blos da geschützt, wo ihr der nächste Angriff droht. In Spargelkeimen findet sich Asparagin, im borstigen Spargelkraut nicht. Man darf dies als Schutzmittel gegen Würmer und sonst in der Erde lebende Thiere auffassen. —

Wenn wir sehen, dass selbst so stark wirkende Giftbeeren wie die Tollkirsche von manchen Vögeln, z. B. Drosseln, ohne Schaden gefressen werden, so ist dies als ein beschränktes Schutzmittel, das bei Früchten mit kleinen, den Körper passirenden Samen nur gewissen Thieren zur Verbreitung angepasst ist, erklärlich. Ein derart beschränktes Verbreitungsmittel besitzt auch *Sorbus aucuparia*; deren saure, herbe Vogelbeeren werden zwar von Drosseln gern gefressen; von andren Vögeln, wie ich glaube, nur im äussersten Nothfall, wenn im Winter bessere Nahrung fehlt; denn man sieht auf den meisten Bäumen auch im Winter noch die Beeren hängen, was um so mehr auffällt, als es bei uns fast die einzige Baumart ist, die sich so verhält; dies wäre gewiss nicht der Fall, wenn diese Beeren von allen Vögeln gern gefressen würden. Wenn nun aber gewisse

\*) Auf Trinidad lebt eine Art, z. B. in Port of Spain, ausnahmsweise nicht gesellig; sie vermag aber einen so grellen, lauten Ton hervorzubringen, dass man ihn nur mit dem Piff einer Locomotive vergleichen kann.

Vögel, die das Winterklima am besten aushalten, aus Noth diese Beeren aufsuchen und die Samen verbreiten, so erklärt es sich, dass deren Baum als der einzige aus höher organisirten Familien am weitesten nach Norden vorkommt.

Auch Nectar kann Thieren zuwider sein, als Schutzmittel ausnahmsweise den Blüthen dienen; doch fehlen noch specielle Beobachtungen hierüber. Jedenfalls wissen wir kaum, was, chemisch betrachtet, Nectar ist; wir wissen wohl, dass er in manchen Blüthen süß, aber auch, dass er in anderen gegen Regen indifferent ist (*Saxifrageen, Umbelliferen*), also wohl harzig sein muss; mancher von Bienen zusammengetragene Honig ist giftig.

Nun habe ich ein sehr wichtiges Schutzmittel gegen Thiere und Wetter zu besprechen, den Korkstoff. Geschmaeklosigkeit kann als Schutzmittel gegen weidende Thiere dann dienen, wenn damit Quellungsunfähigkeit d. h. Unverdaulichkeit, wie z. B. bei der Baumrinde, der Borke, verbunden ist, deren Korkstoff sich überhaupt gegen Wasser und Luft fast neutral verhält, diese Stoffe weder aufnimmt, noch durchdringen lässt. Junge Bäume müssen z. B. gegen Benagen von Hasen u. s. w. geschützt werden, alte dickborkige nicht. — Es reihen sich hier auch die Farnkräuter und Moose an, die von Insecten und von weidenden Thieren meist nicht gefressen werden, fast nie verschimmeln und desshalb in Herbarien nicht vergiftet zu werden brauchen. Wir haben jedenfalls in Moosen und den meisten Farne eine eigenartige, noch zu erforschende chemische Verbindung, die in höher entwickelten Pflanzen, den Phanerogamen, durch Kork und Cellulose in der Hauptsache ersetzt ist, vor uns. In letzteren Pflanzen schützt die korkstoffhaltige Cuticula die inneren Theile vor directem Wasser- und Luftzudrang, sodass Spaltöffnungen zur Aspiration nöthig sind, bei ersteren fehlen Spaltöffnungen; die Cuticula der Gefässcryptogamen muss also zur Aspiration für Luft durchdringbar sein, kann also nicht aus demselben Korkstoff bestehen, wie die der Phanerogamen; dennoch sind Moose und Farne nicht bloß von weidenden Thieren und Insectenangriff im Allgemeinen verschont, welches letztere um so mehr auffallen muss, als selbst alle giftigen Pflanzen in Herbarien zerfressen werden, sondern sie erhalten sich von allen krautigen Pflanzen auch am leichtesten petrefactisch, sodass man annehmen muss, dass die Substanz, aus der sie in der Hauptsache bestehen, für Wasser unempfindlich, also auch — wenigstens in den meisten Fällen — unverdaulich ist.

Kerner rechnet mit Recht auch zu den Schutzmitteln, welche die Pflanzen gegen weidende Thiere schützen, das Laub mit lederiger Consistenz; während die lederigen Blätter wärmerer Gegenden, z. B. von *Ficus*, meistens gegen temporäres Austrocknen dienen, sehen wir dagegen bei *Vaccinien, Ericaceen* und *Coniferen*, also solchen Pflanzen, die starke Kälte vertragen, die lederige Blattconsistenz auch als Schutzmittel gegen Kälte. Wir haben mithin drei verschiedene Zwecke lederiger Blätter kennen gelernt, d. h. solcher, bei denen die Cuticula stark entwickelt ist. Die schwach entwickelte Cuticula, die wir ohne Ausnahme an jedem Blatt und grünen Stengel finden, ist nur ein Schutzmittel gegen Wasser resp. Regen; sie umhüllt die zarteren, inneren Theile der Pflanzen wasserdicht, sodass letztere nicht durch äussere Einflüsse eingeweicht und weggeschwemmt werden können, wodurch eine Störung in den inneren vegetativen Functionen vermieden wird.

Die *Coniferen* haben oberseits meist keine Spaltöffnungen, was man als Adaptation gegen eindringenden thauenden Schnee auffassen darf. Pflanzen,

die der Verdunstung durch Winde sehr ausgesetzt sind, sehen wir entweder — wie bereits besprochen — stark behaart oder stark cuticularisirt.

Die lederigen Blätter dienen also, worauf Kerner aufmerksam machte, als Schutzmittel gegen Thierfrass; aber dessen Belege sind wenig zutreffend: *Rhododendron* wird, wie die Nadeln der *Coniferen*, wegen seines Gehaltes an ätherischem Oel unbertührt gelassen, *Arctostaphyllum* schmeckt widrig, *Daphne striata* ist giftig. Man darf dies vielleicht so auffassen, dass zwei Schutzmittel sich ergänzen. — Die *Coniferen* haben, wie erwähnt, fast gleiche Schutzmittel wie die *Vaccinien* und *Ericaceen*; es sei mir hier ein Vergleich einiger andren Erhaltungsmittel dieser Familien gestattet. Während *Ericaceen* sehr kleine Samen haben, die, bei den *Vaccinien* in Beeren eingehüllt, auf dem Umweg durch den Thiermagen eine weite Verbreitung finden, haben die baumartigen, holzigen *Coniferen* vorwiegend holzige, unscheinbare Zapfen, ursprünglich zum Schwimmen eingerichtet, sodass infolge ihrer zahlreichen Schutzmittel, zu denen insbesondere Holz, Borke, ätherische Oele gehören, diese geologisch frühzeitig entwickelte Familie sich von allen Familien des Pflanzenreichs am besten erhalten, am wenigsten verändert hat. Deren Samen sind meist durch ätherische Oele und unscheinbare Farbe geschützt; wenn sie dagegen essbar sind und in Gegenden wachsen, wo viel Eichhörnchen leben, welche diese Samen eifrig sammeln, sehen wir die betreffenden Arten selten werden. Als ein solches Beispiel möchte ich die *Sequoia gigantea*, den Mammuthbaum, anführen; dessen abgefallene Zapfen enthalten nie Samen; dagegen erfuhr ich an Ort und Stelle in Californien, dass man wohl Samen sammelt, aber stets nur aus den Vorräthen, die Eichhörnchen aufspeicherten. (Vergl. S. 17 eine andre Ursache der Seltenheit von *Sequoia*). Dass indess unsre Nadelwälder nicht genügend gegen Eichhörnchen, welche aber hauptsächlich nur die jüngsten, noch terpeninölarnten Triebe fressen, geschützt sind, ist bekannt.

Die Baumborke erwähnte ich bereits wegen ihrer Neutralität gegen Wasser und Luft, insofern sie dadurch den Thieren geschmackwidrig wird; in gleicher Reihe bietet sie dem Baum Schutz gegen Regen und Wetter. Desshalb sterben meist die Bäume ab, sobald man sie der Rinde beraubt. Unsere nordischen Bäume würden im Winter sammt und sonders erfrieren, wenn sie nicht über dem saftvermittelnden Cambium die als trefflicher schlechter Wärmeleiter dienende, neutrale, korkstoffreiche Rinde besäßen. Und doch sind selbst unsre Nadelhölzer gegen plötzlich eintretenden, starken Frost ungenügend geschützt. Daran ist aber wohl die unvermittelte Ausdehnung durch Gefrieren der noch saftreichen Cambiumzellen Ursache; tritt die Kälte langsam ein, so vermindert sich der Zellensaft allmählig, wodurch dann, wie in polaren Pflanzen mit lederigen Blättern, in den letzteren und in den Stengeln mit dem Herbst eine allmähliche Anhäufung von ziemlich trocknen Reservenernährungsstoffen veranlasst wird, ohne die namentlich viele polare Pflanzen in der kurzen Dauer der warmen Jahreszeit kaum Blüthen und Früchte zeitigen könnten.

Dass Borke ein Schutz gegen Thiere ist, geht auch daraus hervor, weil Stammrinde und dornige Zweigbewaffnung sich gewissermassen ergänzen, sodass z. B. manche junge Stämme noch Dornen haben, alte stärker berindete aber nicht; Rosenstengel werfen auch die Stacheln ab, sobald sie holzig geworden sind.

Jung-, borkenlose Stengel entwickeln bekanntlich viel Korkstoff, sobald sie beschädigt werden; die zarte Cuticula erfährt eine abnorme Entwicklung;

sie wird an der verletzten Stelle borkenartig und damit haben wir einen Anhalt zur Erklärung, wie die Borke der Bäume sich entwickelte. Denn die ursprünglich grünen Stengel der Pflanzen früherer geologischer Perioden waren besonders stark dem Frass der damals viel häufigeren Schnecken ausgesetzt. Wir haben aber zugleich einen Anhalt zur Erklärung der massenhaften Entstehung der Cellulose, die uns als Holz entgegentritt. Holz ist aber fast nie ein Nahrungsmittel, wird von Thieren gemieden; ich betrachte dies wichtigste Schutzmittel gegen Thiere nicht direct durch letztere veranlasst, sondern als eine Correlation der Borke; nachdem und wo die letztere entstanden, war die Aspiration gehemmt, der Stamm konnte nur noch als Nahrungs canal zwischen Wurzel und den Blättern dienen, die inneren Zellen erhielten eine andre Function, assimilirten weniger, lagerten die Cellulose, als Stützkraft der zu tragenden, grösser werdenden Laubkrone dicker ein. Die ringförmige Anordnung des Holzes ist insofern ein häufigerer, besserer Erhaltungszustand, weil dadurch das Einfressen und Einbohren der Insecten leichter verhindert wird; selbst die weissen Ameisen greifen Holz nie von der Faserlängsseite, sondern blos von Querdurchschnitten an. Doch haben andererseits Bäume mit Holzringen auch grössere Tragkraft.

Baumartige oder vielmehr riesige Pflanzen mussten ja stets entstehen, besonders in früherer Zeit, als die Lufttemperatur allenthalben noch eine höhere war, aber in unsrer Periode treffen wir vorwiegend solche mit dicker, saftloser Rinde. Baumartige *Gefüscryptogamen* und *Monocotylen* waren sicherlich in früheren Perioden häufiger, als es noch wenig grosse, pflanzenfressende Landthiere gab; sie sind ursprünglich wenig oder nicht durch Borkenbildung geschützt und gingen deshalb mit dem Häufigerwerden der grossen Pflanzenfresser, namentlich der Pachydermen, zu Grunde. Letztere fressen heutzutage noch am liebsten junge Bäume und sogenannte Krautbäume, von denen nur noch einige Arten der *Musaceen* existiren, die ebenso, wie die Pachydermen, seltenere Ueberreste einer früheren Periode sind.

Die Dickhäuter, indem sie die Krautbäume fressen, sie nicht zur Frucht kommen liessen, untergruben ihre eigene Existenz und sind deshalb fast untergegangen. Die *Gymnospermen* sind anscheinend eher entstanden als *Monocotylen* und manche Naturforscher leiten wohl gar letztere von ersteren ab; richtig wird sein dass sie zuerst mehr Borke erhielten, sich daher mehr holzig entwickelten, infolge dessen weniger der Zerstörung ausgesetzt sich auf niederer Stufe bis heutzutage erhielten und dass sie wegen der Schutzmittel der Borke und des Holzes uns petrefactisch erhalten blieben und als früher erscheinen, während doch die *Monocotylen* im Allgemeinen viel höher entwickelt sind, also auch eine viel längere Entwicklungszeit gebraucht und eine grössere Reihe von andersgestaltigen Vorfahren gehabt haben müssen; *Gymnospermen* und *Monocotylen* sind nebeneinander, nicht aus einander entstanden.

Wir dürfen die aufsteigende Entwicklung der Organismen, welche in jedem natürlichen System der Pflanzen oder Thiere darzulegen ist, nicht darnach beurtheilen, wie wir dieselben in der Erd feste als Petrefacten der Altersreihe nach finden. Je nachdem sich Schutzmittel bei einer oder der anderen Form eher entwickelten, blieben uns solche früher erhalten. Die Moose erschienen geologisch viel später als die Farne; deshalb nimmt Niemand an, dass die Moose höher entwickelte Pflanzen seien, als die Farne.

Was sich in unsrer Periode von *Monocotylen* rettete, sind, soweit es baumartige Formen betrifft, gegen Thiere sonst gut geschützte Pflanzen: die grossen Gräser der *Bamusea* und *Arundinacea* zeichnen sich durch Kieselgehalt des

Stengels aus — *Gynarium* soll einen sehr bitteren Stengel haben <sup>→</sup>, die Stämme der Palmen (und Baumfarne) sind meist durch Stachelspiralen oder dichtborstige Haarbüschel oder Blattstielreste geschützt. *Pandanus* und *Liliaceen*-Bäume haben schwammiges Holz und stachelrandige Blätter. Uebrigens schätze ich kaum den vierten Theil der Palmen baumartig, d. h. der Individuenzahl, nicht der Spezieszahl nach; in Asien, wo kletternde vorherrschen, ist es vielleicht nur der zehnte Theil; stammlose Zwergpalmen sind auch in den Tropen häufig, nicht etwa auf die kälteren Grenzen beschränkt.

Wo heutzutage Pachydermen leben, finden wir *Musaceen*, die als Lieblingsfutter der ersteren gelten, noch häufig; in Java, Hinterindien sowohl, als im Terrai, im westlichen und östlichen aequatorialen Afrika; eine Pflanzenform, die man kaum passender benennen kann als: Krautbäume. Ihre krautigen Blattscheiden schachteln sich röhrenförmig so streng ineinander, dass die daraus gebildeten, 20—50' hohen Stämme trotz des fehlenden Holzes Fruchtrauben von ein Centner Gewicht oder mehr tragen können und allen Stürmen trotzen. Man kann solche, 2—3' dicke Krautbäume mit einem Säbelhieb durchschlagen. Wie gespannt und fest auch die nur 3" dicken und 10—12' hohen Stämme mancher *Musaceen*, resp. *Zingiberaceen*-Arten sind, geht daraus hervor, dass, wenn man solchen nur 3" dicken Stamm durchschneidet, die inneren, eingeschachtelten Blattstiele bis 5" weit herausgedrückt werden.

Im südlichen Preanger, wo Rhinozeronten noch existiren, sah ich die Krautbäume noch massenhaft, fast den vierten Theil der Vegetation bildend und auch die riesigste *Musacee*, die jetzt in Hinterindien öfters angepflanzte *Ravenala madagascariensis*; die einzige *Musacee*, die im Alter etwas Borke entwickelt, der phantastisch sogenannte Baum der Reisenden — phantastisch, weil, wo er wächst, stets Wasser ist, der Reisende also nicht in Noth darum sein kann — soll nach Grisebach auf Madagascar fast waldbildend auftreten. Das lässt ahnen, wie massenhaft früher diese Krautbäume gewesen sein mögen, von denen, wie von zahlreichen andren holz- und borkenfreien Pflanzen, weil sie nicht im Stande waren, sich petrefactisch zu erhalten, zahlreiche, uns unbekannt Familien fast spurlos untergegangen sein müssen. Was mag in früheren salzfreien Meeren und später auf den Seen der Continente, wo lange Zeit die grösseren Pflanzenfresser fehlten, für eine ungeahnte Vegetation geherrscht haben, eine Vegetation, die infolge des Mangels an Schutzmitteln gegen Thiere uns nicht petrefactisch überliefert wurde! Die Schutzmittel gegen Thiere entwickelten sich zuerst; wie ich aber zeigte, sind sie fast stets zugleich Schutzmittel gegen Wetterungunst, und nur solche Pflanzen, die Schutzmittel gegen das Wetter besitzen, also namentlich Holzstoff und Korkstoff, haben dadurch die Eigenschaft erhalten, sich leichter zu petrificiren, weil sie minder leicht verwesen können.

Es ist mir hier der Einwand gemacht worden, dass Mammuthen ja im sibirischen Eis mit Speiseresten von *Coniferen* gefunden worden seien. Es ist von den bisher gefundenen, wenigen Exemplaren von Mammuthleichen allerdings eines gefunden und beschrieben worden, das *Coniferen*-Zweige zwischen den Zähnen hatte. Daraus geht aber noch nicht hervor, dass Pachydermen in Sibirien, als es kalt war. — es ist im südlichen Theil aber auch heutzutage noch im Sommer ausnehmend heiss — gelebt und als Lieblingsfutter Pinusblätter verzehrt hätten. Vorerst dürfen wir nicht vergessen, dass noch heutzutage in Asien die tropische Thierwelt bis in die gemässigte Zone sich verbreitet.

namentlich der Tiger noch am Südrande des Altai und aller in gleicher Breite liegenden Gebirge vorkommt; ähnlich, wenn auch nicht wild, das Kameel. Ferner darf nicht ausser Acht gelassen werden, dass selbst im Himalaya *Musaceen* noch häufig — auch echte *Musa*-Arten nicht selten — wild sind und sich mit *Pinus* begegnen, wie denn überhaupt *Coniferen* nicht speciell nordische Pflanzen sind. Dann fanden sich die Mammuthreste im sibirischen Eise gleichzeitig mit Anschwemmungen von Bäumen. Daraus geht hervor, dass analog den Baumanhäufungen vor den Ausmündungen grosser Ströme, namentlich in Fluss-Delta's, auch die Mammuthreste nur angeschwemmt sind, die sich in jenen polaren Territorien mit Haut und Haar wegen der Kälte erhalten konnten, zumal weil sie nicht tief einsinken konnten, da das Bodeneis der Tundren, das durchschnittlich 20—60 Meter tief ist, in den kurzen Sommern nur oberflächlich aufthaut. Die meisten Mammuthreste — man schätzt die in Sibirien gefundenen Knochen von 20000 Thieren entstammend — sind nur angeschwemmt, einzeln im Lande zerstreut. Zudem ist das sibirische Flachland verhältnissmässig in neuerer Zeit erst über das Meer erhoben worden und es kann ebensogut ein Meeresstrom die Cadaver an gewissen nordischen Punkten abgelagert haben. Wenn der Diluvial-Boden Nordsibiriens mit einzelnen Mammuthknochen durchsät ist, also mit Meer bedeckt war, so können doch ebendasselbe nicht die Mammuthreste gelebt haben. Was nun das Fressen von Pinusblättern durch Elephanten betrifft, das wir in unseren Menagerien beobachten können, und das gleichfalls in unserem Klima von Seite der Giraffen — hier wohl wegen Unwissenheit des Thieres und aus dem durch anomale Lebensbedingungen resultirenden Kränklichkeitszustand erklärbar, insofern ätherische Oele, in geringen Dosen innerlich genommen, erwärmend wirken — stattfindet, so scheint es mir nur die ungeheure Gefrässigkeit dieser Thiere zu beweisen. Ueberhaupt will ich den Untergang der vorweltlichen Krautbaum-Vegetation nicht nur durch Pachydermen erklären, obwohl gerade diese durch ihre Rüssel geeignet erscheinen, die Baumkronen zu zerstören und kleine Bäume auszureissen; denn auch das Kameel und die Giraffe sind durch ihre hohe Gestalt und langen Hals organisirt, von Baumkronen zu leben; wer, wie ich, Gelegenheit hatte, Kameele viel zu beobachten, weiss, dass sie vorzugsweise von Bäumen ihre Nahrung holen und nur im Nothfall von der Erde weiden. Doch dürfen wir überhaupt nicht die letzten Repräsentanten dieser drei Thierformen als Ursache des Untergangs der baumartigen Krautvegetation betrachten, sondern ihre zahlreicheren, uns grossentheils unbekanntem Vorfahren, namentlich Huf- und Nagethiere.

Wie denn überhaupt den fleischfressenden Thieren stets pflanzenfressende vorhergegangen sein müssen und letztere als früher vorherrschend die anfangs schutzmittellos angelegte Vegetation vernichteten, sodass sich nur solche Pflanzen erhalten konnten, die Schutzmittel gegen Thiere entwickelten. Es ist kein zu gewagter Schluss, dass grössere Thiere erst Mörder wurden, als sie nicht mehr genügend gute Pflanzennahrung fanden; alsdann konnten sich die Pflanzen wegen geringerer Verfolgung ruhiger entwickeln und mannichfaltiger in verwandtschaftlichen Reihen erhalten bleiben; denn die pflanzliche Welt erhielt somit statt einer einmaligen eine mehrfache Verwerthung, sie wurde öfters verbraucht, ehe ihre Reste wieder in den Boden zurückgeführt wurden; einmal direct von Thieren gefressen und das zweitemal indirect, indem Pflanzenfresser von Fleischfressern verzehrt wurden. Dies muss um so mehr berücksichtigt werden, als die ursprünglich pflanzenfressende Thierwelt, die ungeheuer zahl-

reich war, weil sie noch keine Verfolgungen erlitt, doch fast schutzmittellos gegen Raubthiere war, von letzteren um so schneller Vernichtung fand, sodass in weiterer Folge späterhin auch die Raubthiere nicht gar zu häufig existiren konnten. Ich stelle mir die Vernichtung der früheren schutzmittellosen und -armen Vegetation als verhältnissmässig schnell stattgefunden vor, so lange also die thierische Nahrung noch nicht die vorherrschende war, wie heutzutage; die Thierwelt muss damals eine viel zahlreichere gewesen sein als jetzt, wo die Thiere unter sich wüthen und sich vertilgen, sodass die Pflanzen jetzt minder der Zerstörung preisgegeben sind, als ehemals. — Man gestatte mir über die heutige Fauna einige Worte.

Es ist eine ebenso weitverbreitete als irrige Ansicht, dass die Tropen von wilden Thieren wimmeln, hervorgerufen durch die übertriebenen Berichte so mancher Reisenden, von denen man im Allgemeinen sagen darf, dass sie desto mehr in ihren — Erzählungen ergänzen, je weniger sie selbst gesehen haben, je weniger sie die anerzogene Furcht vor dem Urwald, den Wildnissen der fernen Länder überwunden haben. Wenn man schliesslich durch Keckheit und durch Erfahrungen die Ueberzeugung erlangt hat, dass die Wildnisse nicht gefährlich in Betreff der Thiere sind, dass kein Thier, etwa der hungrige Wolf ausgenommen, den Menschen angreift und nur manche Thiere dem Menschen gefährlich sind, wenn sie von ihm gejagt oder angegriffen werden, wie auch die giftigen Schlangen sich nur vertheidigen, nicht Menschen angreifen und nur beißen, wenn man sie aus Versehen berührt, so geht man gar bald als Botaniker furchtlos überall hin — auch allein — und findet, dass der verurtheilte Urwald thierarm ist, dass man weniger Vögel und Wild darin sieht als zu Hause, wo sie geschont und ihre Feinde, die Raubthiere, vom Förster vernichtet werden. Ich darf wohl sagen, dass ich die Wildnisse in Asien und Amerika ordentlich kennen lernte, aber ich habe nirgends entfernt solchen Reichthum an Thierwelt getroffen als in der Heimath und in Vorderindien; in letzterem Lande verbietet der Glaube, Thiere zu tödten, wodurch sie schliesslich dummdreist werden, sodass man z. B. dort die sonst so scheuen Eichhörnchen selbst in den stark bewohnten Städten häufig sieht, während an indischen Landstrassen die herrlichst gefärbten Vögel auf den Telegraphendrähten gesellig vor dem Wanderer paradiren. Dagegen sind im tropischen Urwald die Vögel oft sehr selten, weil die Affen ihre Eier plündern; auch der Tiger selbst ist nur eine feige Katze, die allenfalls bei Nacht den Menschen gefährlich sein soll. Wie arg die Europäer oft von unrichtigen Berichten irreführt werden, zeigt die unwahre Mittheilung, dass der Tiger auf Singapore z. B. jährlich in den Vorstädten 20 — 30 Menschen tödten soll, eine Angabe, die von unsren berühmten Geographen als Argument, dass der Tiger culturrhinderlich sei, weiter verbreitet wird. Dem habe ich entgegenzusetzen, dass auf Singapore — wie mir der deutsche Consul und viele der achtbarsten Kaufleute, die schon viele Jahre dort residiren, versicherten — nie ein einziger Tiger existirt hat, so lange diese Bürger dort sich aufhielten, und dass ein Tiger unmöglich über die mehr denn eine englische Meile breite, salzige Meerenge von Jahore schwimmen kann, ferner, dass es ihm auf der Insel Singapore auch an Nahrung fehlt; denn als ich dort weilte, war sogar eine grössere Treibjagd auf Wildschweine, das Lieblingsfutter der Tiger, erfolglos.

Nur unter begünstigenden Umständen, wo feindliche Menschen — wie in Steppen — und grosse Raubthiere selten sind, findet sich zuweilen ein reiches Thierleben, selten nur aber dürfen wir es uns reicher vorstellen, als es in

unsrer Heimath selbst ist. Der grossartigste Tropenurwald, in welchen tief einzudringen, man eine Anzahl Wege schlagender Leute bedarf, ist schon deshalb thierarm, weil in seinem Dunkel Blüten- und Fruchtarumth herrscht. Ich bin so manchesmal in ihn eingedrungen, aber ich habe z. B. auf meiner zweijährigen Reise um die Erde von Affen, wenn ich von den halbzahnen, aus religiösen Ursachen geduldeten Affengesellschaften absehe, in der Wildniss, trotz meines scharfen Gesichtes und aller Aufmerksamkeit, doch kaum sechzig gesehen; sind sie sehr scheu oder selten? ich will die Frage offen lassen.

Nach diesen Betrachtungen, die sich an halbvorweltliche Krautbäume knüpfen, erinnere ich mich noch an eine Pflanzenform, deren Repräsentanten heutzutage äusserst selten sind; ich will sie mit Riesenstauden bezeichnen; es sind dies hohe Bäume, also Holzgewächse, die aber nicht die Blütenstände innerhalb oder um die Baumkrone entwickeln, sondern auf mächtigen, langen Stielen über die Laubkrone hinausrecken. Dahin gehören mehrere *Metroxylon* (*Sagus*)-Arten, *Corypha umbraculifera* und *Calosanthus indica* (*Bignonia*).

Ich muss gestehen, dass diese Riesenstauden auf mich stets einen vorweltlichen Eindruck gemacht haben, nicht blos wegen der gigantischen Formen, die mit grosser Einfachheit des Baues, insofern die Blüten über den Blättern stehen, die Eigenschaft, dass diese Pflanzen primitiv nur einmal blühen und dann absterben, verbinden, sondern auch wegen ihrer Seltenheit. Vermehrt wird dieser Eindruck, dass diese hapaxanthen Riesenstauden im Sumpf wachsen, derart an eine Zeit erinnern, wo das vegetationsfähige Terrain mit Wasser bedeckt gedacht werden muss, wo Verwitterungsprodukte, die Pflanzen Boden gewährten, als felsenbedeckend noch wenig vorhanden anzunehmen sind, ferner, dass sie nur in den Tropen vorkommen. *Corypha* sah ich wild auf Java im Sumpf wachsen, ebenso *Bignonia indica* auf Java an Flussufern und in dem zeitweis überschwemmten Terrai am Fuss des Himalaya, gleichfalls an Flussufern. Hieran reihen sich auch die *Liliaceen*-Bäume von der bis 50' hohen *Fourcroya* und von *Dasyllirion* aus Mexiko, welche auch nur einmal blühen. Wenn auch diese zwei Gattungen, die ich weniger wild beobachten konnte, vielleicht nicht Sumpfpflanzen sind, so weiss ich doch von anderen *Liliaceen*-bäumen, *Panacratium*-Arten, die ich bis 15' hoch sah, dass sie in Panama und Java Lagunengewächse sind. Ferner schliessen sich hier die *Pandanus*-Arten an, die eine etwas mehr entwickelte Form darstellen, mehrmals blühen, oberständige aber nicht langgestielte Blüten haben und vorzugsweise Strandpflanzen sind. Es liegt die Vermuthung nahe, dass, weil es eine einfache Form ist, diese unsren Kräutern und Stauden ähnliche Blütenstandstellung sich in früheren, heissen, schutzmittelarmen und fast thierangriffslosen Perioden an riesigen Kräutern entwickelte; ebenso nahe liegt es auch, dass diese Gestalten zunächst bei vermehrten Angriffen von Thieren zuerst untergehen mussten, weil die Samenbildung am leichtesten vereitelt wurde; so sehen wir denn, dass selbst die jetzt häufigere Entwicklung der Blüten innerhalb der Laubkrone und zugleich die Zersplitterung der oberhalb angehäuften, riesigen Blütenstände in viele zerstreute nur ein Schutzmittel zur Erhaltung der baumartigen Gewächse ist oder vielmehr war, da jetzt riesige Pflanzenfresser selten sind.

Bei solchen oberständigen Inflorescenzen wäre Windbefruchtung als leicht stattfindend anzunehmen und doch hege ich Bedenken, dass diese stattgefunden habe. Aus Pflanzen mit Wasserbefruchtung, den *Hydrophilen* von Delpino, mit gutgeschützten, wasserdichten, compacten Pollen (*Antheridien*), die doch zweifel-

los, als die Erde gleichmässiger mit Wasser bedeckt war, zuerst sich entwickeln mussten und die in salzfreien Meeren früher zahllos gewesen sein müssen, aber sich nicht petrefactisch erhalten konnten, weil die Schutzmittel damals noch nicht entwickelt waren — aus solchen Pflanzen sind Wassergewächse mit einfachstem Blütenbau entstanden, die sich über dem Wasser befruchteten, und solches mag oft durch Schnecken geschehen sein. *Malacophilae* nennt Delpino letztere Pflanzen, deren früher häufiges Vorkommen zugleich die petrefactische Anhäufung der *Conchylien* erklärt. Solche Gewächse lebten noch in constant feuchter, wärmerer Atmosphäre, in der sich keine Windblüthen mit losen Pollen entwickeln konnten. — Vielen über Wasser fungirenden Befruchtungsorganen war es von Vortheil, weil sie nicht plötzlich von Wasserbefruchtung abweichen konnten, Hüllblätter, Wasserbehälter zu erhalten; daraus entwickelten sich Corollen. Ich komme auf die Entwicklung cryptogamer Befruchtungen noch specieller zurück.

Neben diesen Mittelpflanzenformen, die zu den Riesenstauden und Krautbäumen führen, (welche letztere übrigens auch hapaxanth sind und meist nur einen oberständigen, wengleich abwärts gebogenen Blütenstand besitzen), die also Thaubefruchtung gehabt haben mögen und aus denen sich die *Corollifloren* entwickelten, finden wir also Schneckenbefruchtung, und erst diese konnte leichter zu Windbefruchtung übergehen. Die Riesenstauden und Krautbäume zeigen theils wie die Palmen blüthenhüllarme Inflorescenzen, wo Schnecken- und Windbefruchtung ebenso möglich ist, wie die Befruchtung durch den rinnenden Thautropfen = Aehrenthaubefruchtung, theils zeigen sie (*Bignonia*, *Liliaceen*) Corollenblüthen, in denen der Thautropfen sich ansammeln konnte, sodass ursprünglich auch Corollenthaubefruchtung stattgefunden haben mag. Man nimmt meist an, indem man von Wasserbefruchtung und Schneckenbefruchtung abstrahirt und von Thaubefruchtung noch nichts wusste, dass Windbefruchtung ein jüngeres Stadium sei und dass aus Windblüthen durch Vervollkommnung die höhere Stufe der Insectenblüthen entstand. Dies ist der seltner nachweisbare Fall; viel häufiger ist es umgekehrt; wenigstens führen Versuche, die Verkümmernngen im Blütenbau zu erklären, zu der Ansicht, dass Windblüthen gar oft als Verkümmernngen von Insectenblüthen zu erklären sind. In der Hauptsache aber dürfte Windbefruchtung sich aus Thaubefruchtung entwickelt haben.

Der Thaubefruchtung entspross, als die Atmosphäre infolge der Erdabkühlung nicht mehr gleichmässig feucht war, wahrscheinlich gleichzeitig einerseits die Vogelbefruchtung; es ist bezeichnend, dass gerade die uns erhaltenen vorweltlichen Gestalten der hapaxanthen Pflanzen wie *Bignonia indica*, die *Liliaceen*-Bäume, *Musa* grosse Blüthen mit vermuthlicher Vogelbefruchtung haben, nach Delpino's Bezeichnung *ornithophile* Pflanzen, von denen wir nur wenig wissen. Andererseits entwickelte sich gleichzeitig sowohl die Insectenbefruchtung, — *entomophile* Pflanzen Delpino's, — als auch vielleicht die Selbstbefruchtung. Aus *entomophilen* und *ornithophilen* Pflanzen entstanden dann, was die bisherigen Beobachtungen im Allgemeinen für erstere bestätigen, autogame Pflanzen, d. h. bei ausbleibender Insectenbefruchtung entwickelte sich erst Selbstbefruchtung.

Dass die jetzt häufige Selbstbefruchtung überhaupt normal und ursprünglich ist, dass sich aus ihr die anderen Befruchtungsweisen entwickelten, das sind mehrfach bestrittene Sätze. Darwin spricht von einem Abscheu der Natur

vor stetiger Selbstbefruchtung. Delpino und Hildebrand leugnen Selbstbefruchtung als Regel, stellen sie als Ausnahme hin; Axell versuchte das Gegentheil darzulegen, sich hauptsächlich auf kleistogame Blüten, also solche, deren Blüthe sich nicht öffnet und doch Samen bringt, stützend, doch ist das wenig beweiskräftig; denn solche Blüten sind selten, zeigen einen Nothstand insofern an, als sie selber Ausnahmszustände sind, sich erst bei nicht möglicher Fremdbefruchtung bilden und derart nur die Pflanzen vor dem Untergang bewahren. Bei *Lamium amplexicaule* z. B. ist die Kleistogamie durch Kälte verursacht. Weizen und Gerste sind nur in kalten Regionen kleistogam, ebenso sind kleistogame Veilchen erste Frühlingsformen und *Oryza clandestina* ist nur in kalten Sommern kleistogam unentwickelt. Da nun überhaupt die Abkühlung der Erde der Hauptfactor zur Verkümmern der Blüten war, da die Pflanzenformen des wärmeren Klima's stets denen des kälteren vorausgegangen sind, muss man Kleistogamie als einen später entwickelten Zustand ansehen. — Auch aus den zahlreichen Müller'schen Beobachtungen über Befruchtung möchte ich folgern, dass Fremdbefruchtung Regel ist, Selbstbefruchtung erst bei ausbleibender Fremdbefruchtung stattfindet. Nur bei Pflanzen, wo Selbstbefruchtung mitunter durch öfteres Ausbleiben der Fremdbefruchtung stattfand, wo früher adaptirte Insecten später fehlten oder der Wind in Folge des bei Insectenblüthen entwickelten Perianthium, das die Genitalien oft verbirgt, nicht einwirken konnte, bildet sich Selbstbefruchtung als Regel aus und bewahrte so diese Pflanze vor dem Aussterben.

Es sind bisher noch nicht genügend Versuche angestellt worden, um die Autogamie als Norm hinstellen zu dürfen. J. Müller sagt in vielen Fällen nur, bei ausbleibender Insectenbefruchtung ist Selbstbefruchtung möglich; es bleibt aber noch in den meisten Fällen zu beweisen, ob und wie oft sie stattfindet.

Ich bin zu diesen und den folgenden Betrachtungen über Entwicklung der Befruchtungsmethoden veranlasst worden durch die Opposition, die gelegentlich meines Vortrags mein Freund Dr. Magnus der Auffassung unsres verehrten, so plötzlich dahin geschiedenen Lehrers Al. Braun machte, welcher die Selbstbefruchtung als normalen Zustand betrachtete.

Wir kennen noch andre Zustände bei Pflanzen, wodurch sie sich bei modificirten Bedingungen, die Fremdbefruchtung unmöglich machen, erhalten. *Acorus Calamus* hat keinerlei Befruchtung; Leunis beschreibt zwar rothe Beeren, aber weder habe ich noch irgend ein Botaniker, den ich befragte, solche gesehen; selbst auf Java ist *Acorus* steril. Diese Pflanze ist nur erhalten, weil sie sich wie die Wasserpest, die in Europa nur weibliche *Elodea canadensis*, vegetativ stark vermehrt.

Viele Zwiebelgewächse bringen selten oder nie Samen. *Tulipa silvestris* ist um Leipzig an mehreren Orten sehr häufig, obwohl sie äusserst selten Blüten bringt. Von *Leucojum vernum*, das in den Auenwäldern um Leipzig sehr gemein ist, habe ich auch noch nicht Früchte gesehen. Bei manchen cultivirten Zwiebelgewächsen muss man die Stiele vor der Fruchtreife abschneiden, damit Samen erzielt werden. Viele dieser Pflanzen scheinen sich nur durch Bildung von Nebenzwiebeln zu vermehren; ihr oft geselliges Wachstum, ihre Verbreitung geschieht wohl meist nur durch eigenartige Ausläufer, durch fädlich gestielte Nebenzwiebeln.

Eine andere Einrichtung bei ausbleibender Befruchtung, um die Pflanze vor dem Untergang zu retten, ist die Parthenogenesis, wie sie bei der australischen

*Coleobogyne ilicifolia*, bei der brackwasserliebenden *Chara crinita* und der norwegischen *Antennaria (Gnaphalium) alpina* unzweifelhaft als Regel nachgewiesen ist, und die man auch für *Spirogyra* und einige Pilze als Ausnahmefall annehmen darf, wo also männliche Befruchtung ausbleibt, trotzdem sie früher ausgebildet war, und die Species sich dennoch unverändert durch Samen fortpflanzt; eine Erscheinung, die auch von Insecten mehrfach bekannt ist\*).

Fassen wir die Entwicklungsgeschichte der Befruchtungsorgane in's Auge, so dürfen wir zunächst nicht vergessen, dass in der gesammten organischen Welt gleiche Gesetze gelten. Dann fällt es auf, dass Thiere sich vorherrschend getrennt-geschlechtlich finden, Pflanzen vorherrschend zwittrig. Ursprünglich kann Letzteres aber nicht stattgefunden haben, denn die Entwicklung ist von gleichen niedersten Organismen ausgegangen. Zwitterblüthen müssen als ein späterer Erhaltungszustand aufgefasst werden, weil die Pflanzen ohne willkürliche Bewegung sind und von der künstlichen Befruchtung des Wassers, des Thaus, der Schnecken, des Windes, der Vögel, der Insecten gar oft in Stich gelassen würden und werden.

Die verschiedenartigen Befruchtungsweisen möchte ich ihrer Entstehung nach, wie folgt, schematisch darzustellen versuchen.

1. Wasserbefruchtung.

2. Schneckenbefruchtung.

3. Corollenthaubefruchtung.

4. Aehrenthaubefruchtung.

7. ? Vogelbefr. 8. Insectenbefr. 9. ? Selbstbefr.

5. Gymnospermenbefruchtung.

10. Selbstbefruchtung.

6. Windbefruchtung.

11. + 12. Windbefruchtung.

16. Insectenbefruchtung.

13. Aehrenthaubefruchtung.

14. Corollenthaubefruchtung.

15. (resp. aus 10) Insectenbefruchtung.

17. Erschütterungsbefruchtung. 18. Kleistogamie.

Ausserdem bei ausbleibender geschlechtlicher Befruchtung 19. Parthenogenesis und 20. rein vegetative Vermehrung.

1 bis 9 und 15 sind aufsteigende, 10 bis 14 sowie 17, 18 absteigende Entwicklungen, 16 eine wechselnde Modification. Die Bestreuungseinrichtungen bei *Ericaceen* darf man als eine Mittelstufe von 10 zu 12 und 15 auffassen. No. 16 characterisirt sich durch fast fehlendes Perianthium und gefärbte Staubblätter; bei 14 sind aufrechte, glockige oder solche Perianthien zu untersuchen, in denen sich Regen und Thau ansammelt, wobei der ausgefallene Pollen den Narben zugeschwemmt wird; 13 dürfte sich bei ährentragenden Gräsern finden. Alle in obigem Schema dargestellten Arten der Pflanzenbefruchtungen bei Phanerogamen existiren noch jetzt, doch sind namentlich die Thaubefruchtungen noch mehr zu prüfen. Ob nun wiederholt Umänderungen von einem Modus zum anderen

\* Auch die rein weiblichen, dabei viel kleineren Blüthen von *Glechoma hederacea*, als einer Frühlingspflanze, bei denen Insectenbefruchtung leicht ausbleiben kann, mögen durch Culturversuche noch auf Parthenogenesis untersucht werden. Für die rein weiblichen Blüthen von *Mentha*, *Thymus*, *Origanum* scheint mir die betreffende Müller'sche Erklärung plausibler.

stattfanden, ist noch zu ergründen; *Euphrasia officinalis* z. B. mit den vielen Blütenformen lässt sich als Anpassung an verschiedene Insecten auffassen; bei dieser Art ist Selbstbefruchtung nach Müller zuweilen unmöglich; zugleich giebt es aber auch Formen davon, die sich infolge ausbleibenden Insectenbesuches auf Selbstbefruchtung eingerichtet haben.

Befruchtung durch Vögel wird insbesondere bei den honigreichen Blüten der *Proteaceen* und einigen grossen *Musaceen* angenommen. So recht überzeugende Beobachtungen fehlen indess noch und dürfte man den Honigraub seitens der Vögel einerseits als mehr schädlich betrachten können, andererseits das Suchen der sogenannten Honigvögel, der Colibri, in Blumen mehr auf Sammeln von Insecten zurückzuführen haben; wenigstens habe ich viele Colibri an den verschiedensten, oft äusserst honigarmen Blüten beobachtet. Fritz Müller sah honiglose *Passifloren*, Thomas Belt *Erythrinen* von Colibri besucht; sie schliessen danach auf Vogelbefruchtung. Ist dies nicht eine gewagte Folgerung? *Abuliton Darwini*, das nach Fritz Müller in Brasilien steril, nur von Colibri mit Pollen andrer Arten befruchtet werden soll, die einzige Pflanze, von der Vogelbefruchtung nicht bloß vermuthet wird, brachte, nach Darwin, in England cultivirt Samen durch Hummelbefruchtung.

Die Thaubefruchtung und Schneckenbefruchtung werde ich bei den Schutzmitteln der Blüten näher erörtern. Eine eigenartige Befruchtung, gewissermassen eine Mittelstufe zwischen Thau- und Windbefruchtung hat Vaucher 1841 erkannt und ist von Delpino und E. Strasburger später bei richtigerer Auffassung nochmals und gleichzeitig entdeckt worden; es fliessen bei *Gymnospermen* ein pollensammelnder Tropfen in's Innere der Micropile und lagert den vom Wind zugeführten Pollen auf dem Scheitel des Eikerns ab. — Bei *Vallisneria* findet vielleicht ein Uebergang von Wasserbefruchtung zur Insectenbefruchtung statt.

Von der Selbstbefruchtung muss man noch die Erschütterungs- oder Nothbefruchtung unterscheiden; ich verstehe darunter den Befruchtungsmodus bei solchen Blumen, die sich nicht selbst befruchten können, bei denen aber die Fremdbefruchtung nicht stattfand. Es kann dies auf verschiedene Weise stattfinden: 1., durch Winderschütterung, 2., Obdach suchende Insecten, 3., Honigraub durch Einbruch. Durch heftige Erschütterung wird der Pollen innerhalb einer Blume doch zur Narbe gebracht, selbst wenn bei Ruhe mechanische Hindernisse im Bau der Blume Selbstbefruchtung verhindern. Die Obdach suchenden Insecten, die also nicht direct zur Befruchtung adaptirt sind, darf man als Vermittler annehmen, besonders wenn eine Anzahl solcher Thiere, bei schlechtem Wetter in eine Blüthe geflüchtet, unter sich in Streit gerathen. — Darwin giebt von *Sarothamnus Scoparia* an, dass sie äusserst steril sei, wenn die Blumen weder von Bienen besucht sind, noch dadurch eine Erschütterung erleiden, dass sie vom Wind gegen einen andern Gegenstand geschlagen werden. Hummeln bohren viele Blumen seitlich an, um Honig zu rauben, namentlich bei Heidekräutern und gebauten Kleearten. Bevor die Hummeln dies gethan, befruchten die Bienen regelrecht, indem sie von oben Honig suchen; sind die Löcher aber einmal bequem neben dem Nectar von den Hummeln gebohrt, so benutzen die Bienen ausschliesslich nur noch diese bequemere Methode, sodass Fremdbefruchtung dann vereitelt wird, aber Erschütterungsbefruchtung möglich ist. So gaben nach Darwin's Culturversuchen 100 Blütenköpfe von *Trifolium pratense* unter Netzabschluss nicht ein einziges Samenkorn, dagegen lieferten sie 2720 Samenkörner, wenn von Bienen oder Hummeln

durch Einbruchslücher Honig geraubt war, während er sonst den Klee nicht regelrecht von Bienen befruchtet sah, obwohl letzteres mancherorts stattfindet. (Vergl. Darwin Selbst- und Kreuzbefruchtung, Cap. X.) Nothbefruchtung möchte ich diesen Modus nennen, weil er nur an Insectenblüthen vorkommt, wenn Fremdbefruchtung ausbleibt und daher sicherlich nicht guten Samen erzeugen wird. Eigentliche Selbstbefruchtung, wo der Pollen ungehindert zur Narbe auch ohne Erschütterung gelangt, wird, da sie dann als normaler Zustand auftritt, guten Samen geben. Nothbefruchtung verwechselt man meist mit Selbstbefruchtung; man kann sie allenfalls als künstliche oder unechte Autogamie bezeichnen. Kleistogamie tritt, wie besprochen, in der Regel als Folge von kaltem Klima auf, doch sehen wir sie auch als Resultat der durch Honigraub unmöglich gewordenen Befruchtung, wo selbst die damit verbundene Erschütterung nicht hinreichte, Pollen zur Narbe zu bringen, z. B. bei *Salvia*. Ich möchte Kleistogamie nicht als Noth- oder künstliche Selbstbefruchtung auffassen, weil bei ihr die Blütenorganisation selbst Veränderung fand und sich dann Samen, deren Güte noch zu prüfen ist, ohne fremde Vermittelung der Erschütterung bilden.

Dass Insectenblüthen öfters zu Windblüthen verkümmert sind, dürfte dadurch wahrscheinlicher werden, dass man bei letzteren gar nicht selten Dichogamie findet, eine Eigenschaft, die bei Windblüthen nur als zweckloser und meist unschädlicher Erhaltungszustand verständlich ist. Bei *Cinchona* ist es zweifellos der Fall: aus dimorphen Insectenblüthen entstand Wind- und Selbstbefruchtung zugleich; ich komme auf diesen einzelnen Fall specieller zurück.

Bei *Juglans regia* und *Corylus Avellana* finden sich proterandrische und proterogyne Blüthen zu gleicher Zeit; Delpino fasst dies als eine Adaptation für Windbefruchtung analog Dimorphismus auf, damit Geitonogamie (vergl. Seite 7) vermieden werde. Bei Windbefruchtung kann indess kaum von Selbstbefruchtung die Rede sein (Geitonogamie ist als solche bei Windblüthen aufzufassen), denn es ist z. B. bei *Corylus* wohl kaum der Fall, dass der Pollen eines Strauches die Narben desselben Strauches trifft. Weht der Wind, so trägt er in der Regel den leichten Pollen von einem Strauch zum andern. Ich möchte, solange nicht durch Versuche das Gegentheil bewiesen wird, der Geitonogamie keinen Werth beilegen; ich habe auch keinen Anhalt, dass aus Windbefruchtung sich je Autogamie entwickelt habe (es sei denn bei kleistogamen Gräsern der Fall), wie es umgekehrt der Fall ist; — wir werden daher wohl richtiger folgern, dass das gleichzeitige Vorkommen von Proterandrie und Proterogynie ein zweckloser ererbter Zustand einer früher höheren Organisation ist, zumal da die sonstigen Eigenschaften obiger zwei Pflanzen sie als reducirte Formen höherer Pflanzenfamilien erkennen lassen, — auch die rothe Farbe der Narben von *Corylus* ist vielleicht nur eine ererbte, zwecklose Eigenschaft früherer Insectenblüthen. Bei *Syringa vulgaris* und *Veronica spicata* finden auch beide Arten der Dichogamie zugleich statt, wie H. Müller zeigte; hierdurch ist Selbstbefruchtung unmöglich; aus derartigen Zuständen erklärt sich als ererbt die gleiche, aber zwecklose Eigenschaft bei *Juglans* und *Corylus*. Proterandrie oder Proterogynie, jede für sich allein bei einer Species vorkommend, hätte möglicherweise den Zweck bei dielinen Windblüthen, dass zwischen Pollen und Narbe desselben Individuum keine Befruchtung stattfindet; beide zugleich aber bei einer Species ist ein Pleonasmus; es resultirt aus keiner Nothwendigkeit. Letztere ist aber die Vorbedingung für jede Adaptation. Bei heterostylen Blumen bringt gleichzeitige zweierlei Dichogamie Nutzen,

weil dieselbe meist kurze Blüthendauer, wenig Pollen und nicht allzuhäufige Befruchtungsvermittlung haben. Für normale Windblüthen bezweifle ich überhaupt den Nutzen der Dichogamie; Experimente darüber fehlen noch, ebenso darüber, ob bei Windblüthen Selbst- und Fremdbefruchtung verschieden guten Samen liefert.

Man muss sich alle diese verschiedenen Verhältnisse der Pflanzenbefruchtung klar zu machen suchen, um namentlich die Entstehung der Verkümmernngen im Blütenbau begreifen zu können.

Die *Cryptogamen* haben ganz andre Befruchtungsverhältnisse; bei solchen, die überhaupt geschlechtliche Befruchtung haben, sind meist selbstbewegliche Befruchtungskörper vorhanden; Delpino bezeichnet sie als *zoogame*; sie können nicht ohne Wassermedium fungiren.

Fassen wir die zoogame Befruchtung näher in's Auge, so müssen wir zunächst bedenken, dass es überhaupt die primitivste ist, indess ging ihr als erster Zustand der Pflanzenvermehrung die Zelltheilung und als zweiter die Bildung ungeschlechtlicher Sporen, auch *Gonidien* genannt, voraus, für welche letztere ich, weil das Wort Gonidien auch für den Uebergang zur geschlechtlichen Befruchtung als *Makro-* und *Mikro-Gonidium* angewandt wird, den Namen *Agamosporen* vorschlagen möchte; mit Agamie würde man dann richtiger als früher, wo man dies Wort für Cryptogamie anwandte, die Vermehrung vor der zoogamen Befruchtung bezeichnen können. Letztere zerfällt nun 1., in *Ezogamie* oder exoterische Copulation, wobei man unterscheiden kann, ob entweder die Sporen in freiem Zustande copuliren, indem sich abgesonderte Zellen durch Bewegung aufsuchen und vereinen, woraus als Frucht eine *Zygosporie* entsteht oder ob die weibliche, zu befruchtende Zelle, das *Oogonium*, ungetrennt, ruhend, aber weder verborgen noch eingehüllt ist und von der männlichen Zelle, dem *Spermatozoid*, aufgesucht wird, woraus als Product die *Oospore* sich bildet; 2., *cryptozoogame* oder *esogone* Befruchtung, wo mindestens die weiblichen Eizellen (die Oogonien) in einer besonderen Vertiefung oder hervorragenden Höhle verborgen oder von Haaren oder Blättern eingehüllt sind. Im Wassermedium müssen die männlichen Zellen zu ihnen gelangen, in sie hineinkriechen — daher *Esogonie*. Eine Uebergangstufe hierzu bilden die *Fucaceen*, wo die Oogonien und die männlichen Zellen (die *Antheridien*) wohl in besonderen Höhlen, *Conceptakeln* genannt, sich ausbilden, aber sich losrennen und ausserhalb befruchten, indem aus jeder Antheridie zahlreiche Spermatozoiden entschlüpfen, die sich dem befreiten Oogonium anlegen. Die verschiedenen esogonen Befruchtungsarten kann man in zwei Gruppen theilen, in *dicline* und *monocline*; bei den *diclinen* ist die weibliche Zelle besonders geborgen (*Archegonium*), bei *monoclinen* sind männliche und weibliche in einer vertieften oder erhabenen Höhlung (*Perianthium* der Lebermoose) oder von Haaren und Blättern umgeben, *gesellig vereint* (*Perichaetium*), sodass bei *diclinen* das Wasser von aussen her, bei *monoclinen*, wie z. B. bei Moosen, innerhalb der Einhüllung die Befruchtung vermitteln kann und auch muss, da Perichätien meist nicht im Protonema (dem Vorkeim), sondern am belaubten Spross im Luftraume sich finden. Aus der *diclinen* zoogamen Befruchtung dürfte die Schnecken- und Aehrenthaubefruchtung, schliesslich die primitive Windbefruchtung entstanden sein; aus der *monoclinen* die Corollenthaubefruchtung etc.; die Perianthien und Perichätien sind die Vorgänger der Zwitterblüthen. Da wir indess bei unsren jetzigen *Cryptogamen* noch nicht wissen, was auf- und absteigende, normale

oder redncirte Formen der Entwicklung nach sind, da namentlich unendlich viele Mittelformen, infolge der früher nothwendig noch fehlenden Schutzmittel ausstarben, sich und auch nicht petrefactisch erhielten, können weitere Folgerungen kaum gezogen werden.

Während die primitiven Thallophyten im Allgemeinen die Frucht im Wasser selbst noch bilden, sehen wir bei Moosen und Gefässcryptogamen nur noch den Befruchtungsact im Wasser selbst oder an anderen Orten bei Wasserzutritt stattfindend, die Früchte dagegen auf besonderen, beblätterten Stielen über Wasser erhoben. Auch die riesigen Bäume der Steinkohlenperiode waren eigentlich weiter nichts als beblätterte Fruchtsiele; ihre Blüten, wenn man einmal so sagen darf, waren jedenfalls auch, wie bei allen Gefässcryptogamen, auf der Unterseite eines laubartig ausgebreiteten Prothallium verborgen und auf dem Wasser schwimmend. Diese Prothallien mögen vielleicht in grosser individueller Ausdehnung das ruhige Meer zur Steinkohlenperiode bedeckt haben, ähnlich wie Nymphaeaceenblätter noch heute stille Gewässer einnehmen. Den Verfolgungen durch Meeresthiere ausgesetzt, waren aber solche neuentstehende Pflanzenformen damals, als es noch keine über Wasser hervortretenden Pflanzen gab, am meisten zur Erhaltung begünstigt, deren Frucht sich über Meer erhob; damit aber musste die Gestalt der Prothallien correlativ sich ändern. Stengel und Blatt mussten sich differenziren, ersterer zur Stütze der Frucht, letzteres zur Ernährung der Stengel und zur Ausbildung der Frucht. Als eine weitere Folge der Angriffe durch Meeresthiere resultirt die Erhaltung solcher Pflanzen, welche auch die Befruchtungseinrichtungen über Wasser erhoben, welche Perianthien und Peritheccien entwickelten. — In den *Curposporeen*, insbesondere bei *Florideen*, erblicken wir Uebergänge von echten Thallophyten zu Fruchtständer (*Sporogonium* = ungeschlechtliche Generation) entwickelnden Moosen und Farnen; sie zeigen zuerst in der Entwicklungsreihe der Pflanzen den Generationswechsel, indem durch die Befruchtung ein zusammengesetzter Fruchtkörper entsteht\*).

Es sind zahllose Pflanzenformen infolge mangelnder Schutzmittel zu Grunde gegangen, ferner sind aber auch viele früher höher organisirte Pflanzen nur dadurch zur Reduzirung veranlasst worden, dass sie durch Andersgestaltung der Thierwelt oder Veränderung des Klimas sich ändern mussten. Die Lehre vom Blütenbau betrachtet die Annahme von Verkümmern in vielen Pflanzenfamilien als wohlberechtigt und aus der natürlichen Verwandtschaft der Ordnungen und rudimentären Eigenschaften in der Blüthe nothwendig erklärbar. Diese Mutationslehre der Blüten ist vor Darwin's Epoche in Geltung gewesen; sie wird auch heutzutage von allen Gegnern Darwin's inconsequenterweise nicht beanstandet, trotzdem eine Lehre ohne die andere nicht denkbar ist.

Ich will, nachdem ich allgemeine Betrachtungen über Veränderungen durch Blütenentwicklung anstellt, nun Beispiele betreffs Reduction aufführen. Man betrachtet mit Recht die *Plantaginaceen* als verkümmerte *Labiati*floren, die sonst ausgezeichnete Insectenblüthen besitzen. Bei *Plantago lanceolatu* und *media* findet ein Uebergang zur Windbefruchtung statt. Hier werden die an langen Fäden

\*) K. Prantl giebt in den Verhdl. d. phys. med. Ges. zu Würzburg Band X. Hypothesen über die verwandtschaftliche Entwicklung der Gefässcryptogamen. Nach seiner Ansicht hat sich der Pollen der Phanerogamenblüthe aus dem Sorus der Farne entwickelt. Wenn man nicht blos die noch existirenden Pflanzen ins Auge fasst, wird man meinen oben entwickelten Anschauungen eher zustimmen.

befindlichen Staubbeutel, die bei *P. media* bläulich gefärbt erscheinen, weil die Insecten anlockende Perigonfarbe fehlt, meist dadurch ihres windleichten Pollen entleert, dass Bienen die übrigen, honiglosen Blütenstände besuchen und die Aehre, auf der sie nicht sitzen können, in Bewegung setzen. Ferner werden bei *Plantago* von Darwin dimorphe und von Kuhn kleistogame Arten angegeben; man sieht also, wenn eine Pflanzenform einmal in's Variiren gekommen ist, wie mannichfaltig Abweichungen dann möglich sind.

*Typha*, der Kerner Windbestäubung zuschreibt, weist, weil sie Pollentetraden besitzt, was bei Windblüthen sonst nicht bekannt ist, darauf hin, dass sie durch Verkümmrung aus Insectenblüthen entstand, während die ihr nahestehende *Aroidae Acorus Calamus* überhaupt keine Früchte bringt, sich nur vegetativ vermehrt und eine mangelhafte Reduction bekundet. Doch sind alle Pflanzen mit Inflorescenzen, worin männliche Blüthen über den weiblichen gesellig angehäuft sind, noch näher auf Thaubefruchtung zu untersuchen.

Zuweilen unterscheiden sich sehr nah verwandte Genera durch den Befruchtungsmodus, so z. B. *Rumex* und *Populus* mit Windbefruchtung von *Polygonum* und *Salix* mit Insectenbefruchtung; bei *Rheum rhaponticum* ist sowohl Windbefruchtung wie Insectenbefruchtung (durch Dipteren) möglich. Ich sah im Himalaya *Polygonum*sträucher mit schön hellrosa gefärbten Blüthen, an denen sich nicht selten Aeste mit grünen Blüthen zeigten, vermuthlich ein Rückschritt von Insectenbefruchtung zur Selbstbefruchtung. *Polygonum* ist übrigens eine Gattung, die, wie kaum eine andre, infolge der verschiedensten Schutzmittel, Verbreitungsmittel und Lebensweisen die heterogensten Gestalten zeigt: es gibt darin giftige, stachelige, filzige, flügelstenglige, nackte, blattlose Formen, die Früchte sind glatt, geflügelt, beerenartig, zuweilen giebt es zweierlei Samen in einem Blütenstand. Die Pflanzen leben am und im Wasser, auf Strassenpflaster, auf Wiesen, in Steppen, im Urwald, auf Bäumen als falsche Epiphyten; sie sind tropisch bis polar; es sind Kräuter, die zuweilen klettern und schwimmen, und hohe Sträucher, sie zeigen wunderschöne und unscheinbare, ja sogar grüne Blüthen.

Verkümmrungen von Blüthen sehen wir bei den *Compositen* dadurch veranlasst, dass sich die kleineren zu grösseren, grellfarbigen Blumen umgestalteten, welche Insecten anlocken. Dies ist namentlich bei Randblüthen, indess auch bei Scheibenblüthen der Fall. Wir finden die Randblüthen oft nur weiblich, öfters geschlechtlos, correlativ mit anders gestalteten Früchten oder mit fehlendem Pappus (*Filago*) oder mit mehr oder minder verkümmertem Pappus der randständigen Früchte; letzteres variirt namentlich bei *Chrysanthemum Leucanthemum* und *Matricaria Chamomilla*, ferner bei *Leontodon hastilis*. Die Variabilität des Pappus der randständigen Früchte letzterer Art ist irrig von Roth zur Aufstellung eines eigenen *Genus Thrinicia* benutzt worden; man braucht indess nicht allzuviel Exemplare auf dieses veränderliche Merkmal bei mässiger Vergrösserung zu untersuchen, um sich zu überzeugen, dass dies kein durchgreifendes genetisches Merkmal ist; denn die Mittelformen sind zahlreich. Es hat diese als *Leontodon hastilis* und *Thrinicia hirta*, also unter zwei verschiedenen Namen beschriebene Pflanze auf den Blättern ein eigenartiges, mir sonst derart unbekanntes Haar, das einem zweiseitenkligen Anker ähnelt; dies seltene Haar war für mich Veranlassung, den Genuscharakter kritisch zu untersuchen. *Thrinicia hirta* aber ist nicht etwa alsdann eine besondere Art von *Leontodon*, sondern fällt mit *L. hastilis* = *L. hispidus* zusammen, ist selbst nicht einmal eine

Abart, sondern nur eine verkümmerte Form, die gleichartig in allen ihren andern Eigenschaften variiert — man vergleiche meine Flora von Leipzig — wie der normale *Leontodon hispidus* L. — Bei *Carlina* sind die oberen Blätter des Hüllkelches behufs Insectenanlockung blumenartig gefärbt; bei *Helichrysum*, *Gnaphalium* und andern sogenannten Strohlumen sehen wir zu gleichem Zweck den Hüllkelch grell gefärbt. —

Der wichtigste Motor zur Pflanzenveränderung war jedenfalls die Abkühlung der Erde. War früher eine gleichmässige Temperatur Tag und Nacht, jahraus, jahrein auf der Erde, so entstand zunächst, als die Eigenwärme der Erde soweit abgenommen, dass ungleiche Besonnung Temperaturdifferenzen erzeugte, ein grösserer Unterschied in der Temperatur zwischen Tag und Nacht in polaren Gegenden. — Europäer acclimatisiren sich, da sie an Wetterdifferenzen gewöhnt sind, in den Tropen nur in solchen Gegenden, wo zwischen Tag und Nacht mehr als  $4^{\circ}$  Differenz ist; umgekehrt fühlt man als Reisender, wenn man längere Zeit in warmen Gegenden lebte, gewissermassen dort zeitweilig acclimatisirt ist, wo das Thermometer Tag und Nacht wochenlang constante Grade zeigt, jeden einzelnen, minderen Grad sehr empfindlich, sobald man die Gegend wechselt, empfindlicher als Differenzen von 10—20 Grad in andern Gegenden, wenn man daran gewöhnt ist. Ich habe, obwohl sonst wohl auf, doch bei  $+ 14^{\circ}$  R. in Portorico und in Java mehr gefroren, als zuweilen bei  $- 14^{\circ}$  in Europa oder bei täglichen Temperaturschwankungen von  $24^{\circ}$  R. im Westen der Vereinigten Staaten. Die Veränderung gewohnter Lebensweise, zumal wenn mit letzterer ererbte Zustände verknüpft sind, erzeugt pathologische Erscheinungen. Aus gleichen Ursachen sehen wir in tropischen Gegenden mit geringen Temperaturdifferenzen eine ganz andre Vegetation als in solchen Tropengegenden, wo mehr als  $4^{\circ}$  Differenz zwischen Tag und Nacht ist. Es ist daher anzunehmen, dass die Variation der Pflanzen in vergangenen Perioden schon frühzeitig bereits durch geringen Temperaturwechsel veranlasst wurde.

Ich lege auf die Umänderung der Formen (resp. Acclimatisation) durch eintretende geringe Temperaturdifferenzen in einem völlig gleichmässigen Klima grossen Werth. Die Tropen sind nicht, wie sich so Viele irrig vorstellen, schrecklich heiss, sondern nur in Folge der Gleichmässigkeit der Wärme für uns unerträglich. Selten findet man dort mehr als  $30^{\circ}$  R., während es ausserhalb der Tropen, namentlich in Steppen und Wüsten, im Sommer infolge der grösseren Absorption und Wiederausstrahlung der Wärme in grossen, trockenen, unbewaldeten Länderstrecken viel wärmer ist (bis  $42^{\circ}$  R.). Umgekehrt sind Formen, die einmal an das gleichmässige Klima gewöhnt sind, wie es alle früheren Organismen gewesen sein müssen, für geringe Abkühlungen sehr empfindlich. Ist der Tag und die Nacht in der Tropenzone jahraus, jahrein gleichlang, so mussten an den Polen und in der gemässigten Zone infolge der ungleichen Nächte zuerst Abkühlungen entstehen, und da kein Stückchen Land infolge übermässiger Samenproduction unbewohnt bleibt, diese Zonen sich mit modificirten Pflanzen bedecken. Bei der weiteren Abkühlung der Erde mussten sich auch die noch kälteren Klimata und solche mit wechselndem Sommer und Winter bevölkern; die meisten Pflanzen gingen dabei zu Grunde; verhältnissmässig wenige haben sich angepasst und neue, dem veränderten Klima entsprechende Nachkommen erzeugt.

*Populus* und *Fraxinus* z. B. erhielten sich dadurch, dass sie ihre Blüten zur Windbestäubung reducirten, also hinderliche Perianthiumblätter verloren und hinderliche Laubblätter vermieden, indem sie vor Entwicklung derselben blühten. Letztere Erscheinung sehen wir auch in den Tropen an Bäumen mit

fallendem Laub, die meist in Gegenden vegetiren, wo Dürre und Regenzeit abwechseln; dann blühen viele solcher zur trocknen Zeit blattlosen Bäume erst nach dem Blattfall; es sind meist solche mit Windblüthen, doch auch die grellfarbigen Insectenblüthen von manchen *Erythrina*-Arten verhalten sich derart.

Bei Weiden findet, wie Wichura zuerst nachwies, Befruchtung nur durch Insecten statt; deren Staubbeutel öffnen sich — wie Kerner ausführt — nur bei sonnigem Wetter, wenn gewisse Insecten gleichzeitig fliegen und entwickeln sich die einzelnen Blüthen am Kätzchen successive, weil Insectenbesuch in dieser kalten Blüthezeit noch selten ist. Mit den amerikanischen *Pachysandra*-Arten verhält es sich nach diesem Autor ebenso. *Salix* ist augenfällig einmal für Windbefruchtung angepasst gewesen und Jedermann glaubte früher sogar, es sei dies der Fall.

*Fraginus* analog verhalten sich viele *Acer*-Arten, die vor Blattenfaltung blühen und von denen einige wohl von Fliegen befruchtet werden; andre aber zeigen, je mehr sie verkümmern, Eigenschaften von Windblüthen, z. B. *Acer Negundo* hat hängende Blüthen mit unscheinbarer Farbe, getrennte Geschlechter und doch deutet der stark entwickelte, z. Th. honigabsondernde Discus auf Insectenbefruchtung und auf die Verwandtschaft mit den *Terebinthinae* hin. *Pistacia* ist eine durch Verkümmern apetal gewordene *Terebinthacee* und die aromatischen, windblüthigen *Juglandeeae*, die auch vor Blattentfaltung blühen, werden nicht mit Unrecht zu den sonst hoch entwickelten *Terebinthinae* gerechnet.

Bei *Grammeen* betrachtet man z. B. auch die Blüthen durch Verkümmern vereinfacht. Ich habe mehrfach darauf hingewiesen, dass gerade Gräser am meisten der Vernichtung durch weidende Thiere ausgesetzt sind und meist solche sich in unsre Periode retteten, die mit Schutzmitteln versehen sind oder Standortsschutz genossen, wie denn unsre guten Wiesengräser Standortsschutz-Pflanzen sind. Wie ganz anders sah ich viele tropische Savannengräser z. B. auf Trinidad und Java reichlich mit Schutzmitteln versehen; bei ihnen findet man namentlich, wie bei *Cyperaceen*, schneidige Blattränder, scharfe Stengel und Steinsamen auftreten. Aus den noch erhaltenen tropischen *Bambuseae*, welchen kieseliges Holz als Schutzmittel dient, mit so vollkommenen Blüthen, dass deren Diagramm von dem der *Liliaceen* nur durch den äusseren fehlenden Perigonkreis abweicht, kann man ahnen, wie vollkommen früher die Gräser gewesen sein mögen, die heutzutage in den Tropen meist eine untergeordnete Rolle spielen — weniger der Artzahl als der quantitativen Verbreitung nach — und bei Abkühlung der Erde sich kälteren Klimaten dadurch mehr anpassten, dass sie unscheinbare Blüthen erhielten, klein wurden und derart vor weidenden Thieren besser geschützt waren. Ferner darf man annehmen, dass nur solche Formen erhalten blieben, die zur Windbefruchtung zurückkehrten, als sie im kälteren Norden die passenden Insecten nicht antrafen und daher ihre Blüthen vereinfachten. Die Annahme, dass die Vorfahren unsrer Gräser früher Insectenblüthen hatten, wird dadurch wahrscheinlich, dass von den in Bezug auf Blüthenbau hoch entwickelten *Bambuseae*, die in den Tropen nicht selten sind, mehrere noch Nectarien besitzen und dass mehrere schmutzig braune Blüthenfarbe zeigen; diese Farbe aber weist auf eine höhere Organisation der Vorfahren hin, weil man aus Analogien berechtigt ist, zu schliessen, dass diese seltenen, braunen, von Insecten gemiedenen Blüthenfarben meist aus sonst greller gefärbten Insectenblüthen entstanden, die zur Selbst-

befruchtung infolge ausbleibenden passenden Insectenbesuches sich umänderten. Es giebt auch eine *Bambusa baccifera*, die beerentragend auf Verwandtschaft mit den *Liliaceen*, resp. *Musaceen* hindeutet.

Dass sich niedere Grasformen jetzt auch in den Tropen finden, kann man durch die Pflanzenwanderungen der Eiszeit erklären; wenn dieselbe auch mit ihrem Schnee und Eis die heutigen Tropen nicht erreichte, so ging ihr doch eine gemässigte Zone voran, die sich bis an den Aequator erstreckte. So sehen wir denn bei Gräsern Abortationen von *Bambusa* an mit der Formel  $K_0 C_3 A_3 + 3 G_3$ , beim *Reis*, der ein bis sechs Staubblätter hat, zu der für unsre nordischen Gräser meist geltenden Formel  $K_0 C_2 A_3 G_2$  und schliesslich zu *Anthoxanthum* mit nur zwei Staubblättern und zu *Nardus* mit  $K_0 C_2 A_3 G_1$  vermittelt. Uebrigens giebt es auch ein Gras, das fünf Blütenkreise besitzt, *Streptochaete* nach Döll; ferner hat *Luziola* 6 bis 10, *Pariana*, beide aus dem tropischen Amerika, gar 18 bis 40 Staubblätter, während *Tetrahena* und *Microlaena* aus Australien je 4 Staubblätter besitzen.

Pflanzen mit schmutzigbraunen Blüten sind im Allgemeinen sehr selten und die wenigen Arten sind auch nur vereinzelt vorkommend, gewissermassen aussterbend, z. B. *Nonnea pulla*, *Gentiana purpurea*, *Atropa Belladonna*, *Geranium phaeum*; bei diesen ist Insectenbefruchtung noch nicht nachgewiesen. Die häufigeren *Rhododendron ferrugineum* und *hirsutum* haben noch nicht so schmutzigbraune Blüten; sie werden, wie Kerner mittheilt, wenig von Insecten befruchtet; es findet bei ihnen meist Selbstbefruchtung statt; sie sind im Uebergangsstadium zu geringerer Blütenorganisation. Die nächsten Verwandten aller dieser Pflanzen haben auffallende Insectenblüthen. Dagegen sind schmutzigbraune *Asclepiadeen*-Blüthen, z. B. von aasduftender *Stapelia*, eine Adaptation an Aasfliegen; erstere ähneln faulem Fleisch, das für Aasfliegen anlockend ist. Nur bei *Cyperaceen* findet man häufig brüunliche Farben, aber *Cyperaceen* haben überhaupt keine Blumen, d. h. nicht Insectenblüthen, sondern Windblüthen; bei ihnen ist es wohl auch nur ein ererbter Zustand, der auf frühere Blumen hindeutet, die sich beim Ausbleiben passenden Insectenbesuches reduciren mussten, soweit sie nicht ausstarben. Braune Blütenfarbe wird deshalb von befruchtenden Insecten übersehen oder vielmehr gemieden, weil sie gewissermassen eine Mimicrie für die braune Farbe zahlloser Käfer ist, wie die grüne Blumenfarbe eine solche für das Pflanzenlaub ist. Unter tausend deutschen Blumenarten giebt es im Durchschnitt nur 4,3 braune, 5 orange, 1,4 schwarze, 1,3 grau und 16 grünblühende Arten. Braune Blütenfarbe, zwecklose Nectarien, seltene Beeren und viele Schutzmittel geben uns das Recht, viele *Monocotylen*, insbesondere *Cyperaceen* und *Gramineen*, als reducirte Gewächse aufzufassen.

Ich sagte gelegentlich Besprechung der Verbreitungsmittel der vorweltlichen Pflanzen (S. 14. 52), dass die *Monocotylen* meist Verklümmungszustände von mässig grossen Wasserpflanzen sein dürften, die sich in früheren, salzfreien resp. schwachsalzigen Meeren und Lagunen nach der Steinkohlenzeit entwickelt hatten. Im Meer selbst sparsamer werdend, wurden sie mit dem zunehmenden Salzgehalt ganz daraus verdrängt, passten sich immer mehr dem Lagunen- und Sumpfleben im Binnenlande an, wo sie sich, da sie bereits einigermaassen Schutzmittel (gegen Meeresthiere) hatten, lange Zeit stabil erhielten und nur wenig vervollkommneten, allenfalls sich als Halbkräuter in grösseren Gestalten entwickelten. Ich zeigte auch, wie sich nur die Epiphyten der Ozeanwälder zuerst dem eigentlichen Landleben anpassen konnten, dass sie als kleinere,

zartere Pflanzen dann meist untergehen mussten, weil sie selbst der damaligen kleingestaltigen Landesfauna nicht gewachsen waren, dass sie sich daher relativ schnell veränderten und *Dicotylen* als Nachkommen hatten, die sich auf dem festen Land ausbreiteten, während die stabileren grossen Sumpfpflanzen als *Monocotylen* auch aus den Lagunen immer mehr fliehen mussten, je salziger letztere wurden, und sich in die continentalen Sümpfe zurückzogen. Erst als die grossen Landthiere sich entwickelt hatten, dürften diese derart stabil gewordenen, grösseren monocotylen Pflanzen mehr Verfolgung ausgesetzt gewesen sein und als gleichzeitig der wichtige Factor der Erdbückung einwirkte, haben sie sich stark reducirt. Die *Coniferen* möchte ich ihrem Ursprunge nach so erklären: es sind die einzigen vom Meer in Süsswasseransammlungen des Festlandes freiwillig übergesiedelten schwimmenden Bäume; vielleicht sind deren Samen, welche anfangs zum Schwimmen mit Flügeln versehen waren und dadurch auch zur Flugverbreitung passten, durch Wind transportirt worden. Sie konnten sich, weil sie in den neuen Ansiedelungen noch keine Verfolgungen durch die damals nur im Meer lebenden grossen Thiere fanden, daselbst ausbreiten und sich noch mehr kräftigen, da sie, nur von wenigen kleinen, kriechenden Thieren gefährdet, mehr Borke und correlativ damit mehr Holz entwickelten. Als nun mit Salzigwerden des Meeres diesen ersten freiwilligen Ansiedlern spätere gewissermaassen unfreiwillige Auswanderer nachfolgten — die *Monocotylen* —, waren die *Coniferen* bereits zu verbreitet und viel zu sehr geschützt, als dass sie im Verdrängungskampf meistentheils nicht Sieger namentlich in den sumpfigen Standorten geblieben wären; so sehen wir die *Coniferen* denn in verhältnissmässig wenigen, und primitiven, aber stark verbreiteten Formen. Waren die *Coniferen* in den stehenden Süsswassern des Landes und andererseits die Ahnen der *Dicotylen* auf dem trocknen Lande als frühere Einwanderer bereits zur Herrschaft gelangt, so konnten die späteren, zwangsweisen Einwanderer, die *Monocotylen*, ihnen nur schwierig Raum abgewinnen und deshalb sehen wir sie verhältnissmässig selten. Sind letztere auch reich an Arten, so liefern sie doch quantitativ keinen verhältnissmässigen Beitrag zur Vegetation; die verhältnissmässig wenigen *Coniferen*-Arten liefern mehr Wald und Holz als die vielen *Monocotylen*. Wenn wir die *Coniferen* heutzutage nicht mehr als schwimmenden Wald finden, sondern allenfalls nur als Sumpfwald, so erklärt sich dies durch Entstehung der starken Winde, die sich mit der Erdbückung einstellten.

Zur Beleuchtung der früheren Meeresvegetation möchte ich noch einige Momente anführen. Farne dürften früher häufiger dichotom gewesen sein als jetzt; es giebt nur noch wenige grosse dichotome tropische Farne, welche aber jetzt kletternd sind; bei denen der Steinkohlenzeit war Wurzel und Stamm noch kaum verschieden; erst die *Sigillarien* und *Lepidodendren* haben dichotome Stigmarien, waren Bäume mit Schwimmwurzeln.

Uebrigens möchte ich nicht alle Stigmarien als Schwimmrhizome von *Sigillarien* und *Lepidodendren*-Bäumen auffassen; viele dürften nur die Vorfahren der letzteren sein, die noch wurzellos, dichotom vertheilt (im Habitus an *Lycopodium* erinnernd), im Meere schwammen, aus denen sich erst nach und nach jene Bäume entwickelten. — Wenn wir *Sigillarien* und *Lepidodendren* untergegangen sehen, so hat dies nicht blos seinen Grund darin, dass diese riesigen Schwimmbäume für kleine Wasseransammlungen zu gross waren, dass sie durch später entstehende Winde und das Salzigwerden der Ozeane vernichtet wurden,

sondern auch, weil ihre Früchte wahrscheinlich nur Wasserverbreitung besessen haben; alles Wasser fliesst aber ins Meer, Meereswasser nicht zurück ins Land; sie konnten daher nicht in isolirte Landwasserbecken gelangen. Auch die riesigen Wasser-*Equiseten* der Vorzeit, die *Calamiten*, blieben wegen Mangels ausgebildeter Wurzeln nicht erhalten; sie scheinen allenfalls nur Haftwurzeln wie die Tange gehabt zu haben und sind rohrartige Bäume gewesen, die theils unter, theils über Wasser lebten.

Nur wenn wir die Entstehungsgeschichte der Pflanzen in's Auge fassen, die Wurzelverhältnisse der früheren, riesigen Meeresvegetation berücksichtigen und die früheren Verbreitungsmittel, die durch Salzigerwerden des Meeres veranlassten Wanderungen dieser mannichfaltigen Wasservegetation aus dem Ozean nach dem Lande, wo es wohl Felsen, Detritus, aber keinen Humus gab, mit den Verfolgungen der damaligen Thiere gemäss ihrer parallelen Entwicklung und der durch Erdabkühlung (Kälte und Winde) verursachten Störung der Lebensbedingungen combiniren, können wir die Zustände, wie wir sie heutzutage im Pflanzenreich vor uns sehen, allenfalls erklären. Eine der wichtigsten Folgerungen daraus ist die Entwicklung der *Dicotylen* einerseits und *Gymnospermen* sowie *Monotocylen* andererseits. Die Wurzeln der letzteren verstehen wir nur als ererbten Zustand; *Dicotylen*-Ahnen aber, die sich viel ändern mussten, erhielten eine zum Landleben passendere Hauptwurzel. Ebenso, glaube ich, ist es mit der Blattnervatur und der damit correlativen Blattlänge und Breite der Fall; die parallelnervigen, meist schmalen Blätter der *Gymnospermen* und *Monotocylen* und die anastomos-nervigen, meist breiten Blätter der *Dicotylen* erfüllen jetzt offenbar gleichwerthige Functionen. Während man aber bei den stabileren oder reducirten *Gymnospermen* und *Monotocylen* die fluthenden Blätter der Vorfahren noch wieder erkennt, haben die stark modificirten, höher entwickelten *Dicotylen* Blätter erhalten, die auf eine grössere Ausnutzung des Raumes behufs Aspiration und Besonnung — unter deren Einfluss sich nur das assimilirende Chlorophyll entwickelt —, eine leichtere Tragbarkeit, eine bequemere Concentration der Organe, gewissermaassen eine einfachere Form hinweisen; eine runde Form ist stets einfacher als eine längliche. Breite Blätter waren den ursprünglichen Meerespflanzen in Folge der Ebbe und Fluth (die, so unmerklich sie dem Schiffer auf hoher See erscheint, doch dort ebenso gut wie am Strande wirkt) vielleicht nachtheilig, nicht so nützlich wie eine fluthende, — lange Blattform mit correlativen Parallelnerven, die der Wasserbewegung besser widersteht und so einerseits vor Anhäufung durch Zusammenschieben, also vor Untergang, andererseits vor dem Zerreißen rettet.

Um indessen zu zeigen, wie entgegengesetzt der Regel, dass aus krautigen Pflanzen in Folge höherer Entwicklung holzige werden, auch aus Sträuchern Kräuter in Folge Verkümmern entstehen, will ich über eine Beobachtung berichten, die ich im Himalaya machte. Dort ist am Südbhänge in Folge des steil aufsteigenden Gebirges die tropische Zone der eiskalten Region benachbart und ubiquiste Pflanzen haben leicht Gelegenheit, sich in alle denkbaren Klimate zu verbreiten, sodass man dort die verkümmernde Wirkung der Kälte auf Pflanzen in allen Uebergängen ausnahmsweise leicht erkennt.

*Rubus moluccanus*, dem ich specielle Aufmerksamkeit während eines Jahres in Asien schenkte, wird derart aus einem hohen Strauch, ja aus einer Liane zu einem Kraute, das man alsdann *R. pectinellus* Maxcz. nennt, während die eine der vielen Mittelformen *R. Bürgeri* Miq. genannt wird; allerdings sind bisher

diese zwei Formen nur aus Japan bekannt, doch sah ich sie auch in Sikkim. Der Uebergang findet so statt, dass der vieljährige, dabei aber doch nicht starke (1") Hauptstengel oft erfriert oder vielmehr die Samen solcher Formen, die von Vögeln in höhere Regionen gebracht werden, Pflanzen erzeugen, welche den Hauptstengel infolge der ungünstigen Temperatur nur schwächlich ausbilden; es folgt, dass der Hauptstengel schliesslich sich nur sehr kurz entwickelt, wobei er viele lange, laufende Zweige treibt, die in kühlerer Zone einjährig und immer schwächer, sowie fast krautig werden; in noch ungünstigerer Höhe verschwindet überhaupt der Stengel, es zeigt sich dafür blos eine Blattrosette mit Ausläufern, während bei der hochalpinen Form auch diese wegbleibt und nur unterirdisch Knospen entstehen, die zu laufenden, krautigen, jährigen Stengeln werden. Aehnlich verhält sich *R. Fockeanus* Stalp. Kurz zu *R. nutans* Wallich und *R. Hookeri* Focke. So kann man es noch heutzutage beobachten, wie Kälte Holzpflanzen zu Kräutern reducirt und aus gleichen Ursachen dürften auch die *Gramineen* und *Cyperaceen* reducirt worden sein. Es sind die polaren Zwergsträucher und Kräuter meist analog *Rubus pectinellus* und *Fockeanus* entstanden, analog mit der Vegetation der Alpenmatten; es geht dies auch daraus hervor, dass die höchsten Gebirge der Tropen keine solche alpine Flora (höchstens eine subalpine) besitzen; sie können eine solche nicht haben, weil nur wenige ihrer höchsten Berge — ausnahmsweise — ähnliche Bedingungen zur Entwicklung polar-alpiner Pflanzen boten und weil die Eismassen der Glacialzeit nicht in die Tropen vordrangen.

Man muss also nicht blos im Blütenbau zwischen auf- und absteigender Entwicklung unterscheiden, sondern auch bei Holz- resp. Krautbildung. Ich sagte bei Besprechung der Strauchflora der Antillen (S. 29), in den Tropen entwickeln sich aus perennirenden Kräutern fast stets Sträucher, in Steppen dagegen sahen wir viele Kräuter durch einen Wurzelstock perenniren und zu Halbsträuchern werden, indem der Stengel am Grunde verholzt und so wird während der Blattfallzeit, die mit Dürre oder Kälte dort zusammenfällt, die Pflanze vor dem Untergang bewahrt.

Lianen können auch verschiedener Entwicklung sein, aus niedrigen windenden Pflanzen mit Insectenblüthen müssen im dunklen Urwald holzige Lianen werden, die oberhalb der Baumkronen blühen, wie z. B. viele *Bignoniaceen* und *Polygalaceen*. Ganz anders verhält es sich mit den im asiatischen Urwald häufigen Rotangpalmen; auch sie sind holzige Lianen, die bis 400 Fuss lang werden; sie sind aber nur als Abkömmlinge fluthender Wasserpflanzen der Vorzeit zu erklären, die das Festland bei ihrer gezwungenen Auswanderung aus dem Ozean schon mit früheren Auswanderern bevölkert fanden, nicht besser mit ihren ungeheuren fluthenden Stengeln sich anpassen konnten. Diese häufigen *Calamus*-Palmen dürften die Vorgänger der andren Palmen gewesen sein: die Stengel langfluthend, die Blätter schwimmend oder die Gipfelknospe mit Blättern über das Wasserniveau erhoben; auch die Frucht von *Calamus* mit der leichten, aber wasserdichten, schuppigen (insofern an einen geschlossenen *Coniferen*-Zapfen erinnernden) Hülle, mit ihrem Hohlraume innen, zum Schwimmen passend, zeigt auf marinen Ursprung. — Die Rotangpalmen bedürfen der Sonne über dem Wald wenig; ihre Befruchtung dürfte durch nicht heftige, feuchte Niederschläge erfolgen. — Eine Mittelstellung nehmen die im tropischen Urwald kletternden *Aroideen* ein; den Stümpfen entflohene Formen, entwickelten sie Insectenblüthen und mussten deshalb zuweilen hoch klettern.

Es erinnern mich diese beiden Lianenformen an zwei andre, einander in vieler Hinsicht ähnliche Pflanzentypen, deren Standorte sich gleichfalls ähneln, trotzdem sie auch extremster Entwicklung sind: die *Casuarinen*- und *Spartium*-Form. Beide haben keine ausgeprägten Blätter, dagegen immergrüne Zweige, beide wachsen ebenso gern nahe dem Meere, wie in dürren Klimaten. Während aber *Casuarinen* eine stabil gebliebene Form mit vermuthlich Gymnospermenbefruchtung ist, welche *Equiseten* mit *Coniferen* in vieler Hinsicht verknüpft (die directen Vorfahren dieser 3 Familien waren vielleicht eine Mittelform), die feuchten Orten entsprossen noch jetzt solche gern bewohnt und sich in den dürren Klimaten Australiens und den von trocknen, australischen Winden beherrschten Theilen der Sundainseln sehr leicht wegen ihrer Blattlosigkeit anpassen konnte, sehen wir in *Spartium* (*Sarothamnus*, *Ulex*) ursprünglich insectenblüthige Steppenpflanzen, die ihre Blätter gegen dürres Klima reducirten, was sie auch vor dem Untergang durch die in Steppen häufigeren weidenden Thiere schützte. Pflanzen, die, weil sie an den salzhaltigen Boden der Steppen etwas gewöhnt sind, nunmehr gern Meeresnähe mit seiner zuweilen etwas salzhaltig-feuchten Atmosphäre vorziehen, ohne dass sie andre und dürre Standorte verschmähen. *Casuarina equisetifolia* scheint trotz windleichter Samen Verbreitung durch Wasser zu haben, wenigstens findet sie sich freiwillig eingewandert an allen Küsten des indischen Archipels, ebenso von Singapore (Penang, Birma) bis Calcutta wild, nach Miquel auch an den Küsten von Afrika und Südamerika. Von der Küste entfernt sieht man sie meist nicht mehr, ausgenommen, wenn sie, wie in Bengalen, angepflanzt wird, (ich sah sie bis Delhi); nur auf Ostjava (nicht aber in Westjava) steigt sie freiwillig — der Samen ist windleicht — bis auf die höchsten Berge; während sie nun in der Region von 1 — 5000 Fuss dort durch die Cultur fast verdrängt ist, bildet sie darüber hinaus, in Höhe von 5 — 7000', eigenartige Wälder und sieht man sie verkrüppelt noch bis 10000'; es sind dies die *Tjemoro*-Wälder (*C. montana* Jungh. ist nur Form von *C. equisetifolia*) und gerade jene Regionen sind ausnehmend dürr; das sonst manns hohe *Alang-Alang*-Gras verkrüppelt dort zu Fushöhe und auf diesen Bergsavannen wachsen hain- oder parkartig, keineswegs dichtstehend die *Casuarinen*-Bäume; ein eigenartiges Landschaftsbild! Es zeigt uns dieses Beispiel zugleich, wie die Flügel der Samen primitiver Pflanzen, ursprünglich zum Schwimmen eingerichtet, sich leicht zur Windverbreitung anpassen konnten.

Im Allgemeinen können Verkümmierungen unendlich leichter entstehen, als sich Vervollkommnungen entwickeln, sie erhalten sich deshalb auch häufiger; ähnlich wie eine Culturpflanze leichter in die niedere, wilde Form übergeht, als die wilde Form in die höhere Culturform überzuführen ist. Wir dürfen uns daher kaum wundern, wenn in unsrer Periode, wo durch Abkühlung der Erde die üppigste Pflanzenperiode gestört wurde, Verkümmierungen im Blütenbau so häufig auftreten. Die höchste Entwicklung im Pflanzenreiche haben wir wahrscheinlich hinter uns und nur durch Anpassungen an Insectenbefruchtungen mögen künftig complicirtere Blütenformen, die sich etwa bilden, erhalten bleiben.

Die Modification der Blüten ist oft wunderbar. Das für mich frappierendste Beispiel ist die Rückkehr von dimorphen Blüten, welche also fast das höchste Stadium der Insectenblüthen repräsentiren, zur Windbefruchtung, wie ich durch umfangreiche Studien, die ich in einer besondern Monographie zu

veröffentlichen im Begriff bin, bei den *Cinchonen* anzunehmen gezwungen bin. Die zahllosen, unbestreitbaren *Cinchona*-Bastarde der grossartigen asiatischen Culturen sind fast nur durch Windbefruchtung veranlasst worden und dabei findet eine gewisse Gesetzmässigkeit statt, auf die ich hier nicht näher eingehen mag. Die Corollen der *Cinchonen* und also auch deren etwaiger Nectar schmecken stark bitter, eine Eigenschaft, die nicht anziehend auf Insecten wirken kann und wenn es ausnahmsweise bitteren Honig giebt, so leiden doch die Bienen selbst darunter; zudem giebt es in den *Cinchona*-Plantagen sicher nicht Bienenbefruchtung; auch Schmetterlinge sind mir dort nicht aufgefallen. Dieser Fall einer heterostylen Windblüthe ist indess bis jetzt der einzig bekannte und es klingt so absurd, dass das Prototyp der Insectenblüthen, der Heteröstylismus, sich auf Windbefruchtung einrichten könnte, dass ich die Umstände auseinander setzen will, die mich zur Annahme der Windbefruchtung bei *Cinchona* führten. Die Blüthen sind schmutzig lichterth, selten schmutzig blutroth oder gelblichweiss, alles Farben, die für Insecten als nicht anlockend gelten; sie sind geruchlos, bitter, sie sind nach Art von *Syringa* in ebenso reichen Sträussen, in unzählbaren Blüthen auf jedem Baum, ja auf manchen *Cinchona*-Formen so reichlich vorhanden, dass man zur Blüthezeit das unter Blumen versteckte Laub kaum sieht; dabei fructificiren sie ausserordentlich stark. *Syringa*, die sich nur annähernd im Blüthenreichtum damit messen kann, besitzt auffallende Farbe und viel Nectar, dennoch sind reife Früchte selten. Es gehört eben eine Legion von Insecten dazu, um alle Blüthen zu befruchten; in den *Cinchona*-Plantagen merkt man aber kaum etwas von befruchtenden Insecten, sodass der immense Fruchtreichthum bei *Cinchona* — es schlägt fast keine Blüthe fehl — unerklärt bleibe. Dagegen bestätigt sich meine Annahme der Windbefruchtung auch durch mikroskopische Untersuchung des Pollens: dessen Körner sind auffallend klein, glatt, lose, einzellig, kuglig, während Insectenpollen gross, cohärent, (zu 4—20 zusammenhängend), klebrig oder stachelig oder eckig ist. Die Pollenkugeln der *Cinchonen* haben nur drei schwach-wulstige Erhöhungen, die nach Art der Frucht von *Lycopersicum* von Pol zu Pol laufen, und auf der höchsten Stelle jeder Wulst befindet sich ein heller, dünner, punktförmiger Höcker, aus dem sich die Intine später ausstülpt, welche die Pollenschläuche zur Befruchtung aussendet. — Dagegen sind die Arten der mit *Cinchona* sehr verwandten Gattung *Cascarilla* meist mit grossen, grellfarbigen, wohlriechenden Insectenblüthen versehen\*).

Diese Beispiele rückschreitender Entwicklung, also von Verkümmern, mögen genügen; sie sind ausserdem noch zahlreich; doch würde es mich hier zu weit führen, viele aufzuführen. Aber ich kann es mir nicht versagen, hier ein zoologisches Analogon betreffs Verkümmern kurz — obwohl auf vielen Beobachtungen beruhend — zu erwähnen. Es betrifft den Menschen. Die über ganz Vorder- und Hinterindien und China vielfach zerstreuten Reste der schwarzen Ureinwohner, ferner die Schwarzen Polynesiens, Australiens und Afrika's, weisen darauf hin, dass die Urbevölkerung der Erde, als letztere noch keine kalten Zonen hatte, aus schwarzen Leuten bestand.

Die Indianer Amerika's werden wohl mit Recht nur als eingewanderte mongolenverwandte Rasse betrachtet. Die schwarze Bevölkerung ward später

\*) Wenn in der Literatur vielfach die falsche Angabe verbreitet ist, dass *Cinchonen* wohlriechend sind, so beruht dies darauf, dass früher fast alle *Cascarilla*-Arten als *Cinchonen* beschrieben sind.

vierorts durch die einem gemässigten Klima adaptirten hellfarbigeren Rassen verdrängt. Wie denn das kältere Klima — nicht etwa das kälteste, welches reducirt —, weil es dem Menschen Nahrungs-, Wohnungs- und Kleidungs-Sorgen bereitet, Anlass zum Fortschritt, zur Cultur und Reinlichkeit war und ihn dadurch den Schwarzen überlegen machte. Die intelligenter, hellere Rasse müssen wir uns indess erst von der schwarzen abgezweigt vorstellen, erst entstanden, als sich die Erde in verschiedene, z. Th. kalte Zonen gliederte. Wir finden in Vorderindien schlanke, bärtige, langnasige, schwarze Aboriginer noch häufig (Haeckel's *homo dravida*); ich bin überzeugt, dass viele Leser auf so edle „kaukasische“ Gesichtszüge stolz sein würden, wie meine photographischen Belege von dravidischen schwarzen Leuten zeigen; während in Hinderindien die schwarzen Autochthonen (Laos, Khmer etc.) (und jedenfalls auch die zerstreuten Reste schwarzer, Leute in China und Formosa) mongolisch-malayische Charaktere tragen, untermischt, bartlos, kleinnasig sind. Die Melanesier in Polynesian und Australien sind schwer durch sonstige Eigenschaften von ihren hellfarbigen Landsleuten zu unterscheiden. Kurz, man darf sagen, es giebt ebenso gut schwarze Kaukasier, Mongolen, Malayen, wie es in Afrika bei ein und derselben Rasse hell- und dunkelfarbige Menschen (Nubier und Fellata) giebt; die Farbe der Menschen bedingt kaum Rassencharaktere. Den hellfarbigen Afrikanern könnte man vielleicht eine der hellen Rasse der gemässigten Zone analoge Entstehung in den Hochgebirgen Afrika's zuschreiben. Die hellfarbigen Malayen der hinterindischen Inseln darf man ebenfalls als modificirte Gebirgsmenschen betrachten, weil sie kurze, untermischte Gestalt haben, während alle schwarzen Menschen ursprünglich Sumpfmenschen und schlank sind. Schweinfurth machte darauf aufmerksam, dass die Afrikaner, die in feuchten Ländern leben, schlank sind; ebenso sind die schwarzen, autochthonen Hindu, besonders die, welche ich vom Brahmaputradelta sah, grosse Leute und die schwarzen Cambodgier, die Bewohner des Mekongüberschwemmungsgebietes, sind grösser, scheinbar kräftiger als die blassen, eingewanderten, benachbarten Anamiten; doch entwickeln die Anamiten und Chinesen viel mehr Arbeitsausdauer und Körperkraft als die grösseren, anscheinend kräftigeren Cambodgier und Hindu; dasselbe Verhältniss in Grösse etc. findet zwischen schwarzen Polynesiern — Melanesiern — und den hellen malayischen Bewohnern der grossen Sunda-Inseln statt. Umgekehrt sind die Gebirgs-Völker des Himalaya kurze, untermischte Gestalten, die schon Wichura so sehr an die Lappländer erinnerten.

Analoge Bedingungen erzeugen gleiche Formen und wie Sumpfmenschen gross und schwarz sind, sehen wir Hochgebirgs- und Polarmenschen untermischt und weizenfarbig.

Nun ist es mir immer wunderbar erschienen, dass bis auf die meisten Neger und männlichen Europäer alle Menschen langes Haar besitzen; selbst die schwarzen Vorder- und Hinderindier haben glattes, langes Haar; das kurze Haar ist also jedenfalls eine Verkümmern, die, wie ich bei Pflanzen folgerte, einmal entstanden, nicht oder kaum in den früheren Zustand zurückgeführt werden kann. Bei dem Neger entstand die anscheinend kurze, krause Behaarung aus Schönheitssinn. Man muss gesehen haben, was für ungewöhnliche Mühe von Jung auf viele halbeivilisirte Natur-Völker, die keiner Kleidung bedürfen, sich mit der Pflege der Haare geben, namentlich Malayen, Mongolen — dem Schönheitssinn der Kleiderbedürfnisslosen entsprang ja auch nur das Tätowiren und Bemalen; ebenso ist ursprünglich das krause Negerhaar aus Schönheitstrieb entstanden und wird nur mit vieler Mühe hergestellt, was ja

bereits Denkmälern gemäss die alten Assyrer gethan haben müssen; so werden heutzutage noch von den Basutho (Kaffern) und Somali und gewiss von vielen zahllosen Negerstämmen mit grossem Fleiss von der Jugend an die Haare gedreht und durch Salben etc. in diesem Zustande steif erhalten, ähnlich wie umgekehrt den Kindern der Chinesen, Malayen und Indochinesen vom jüngsten Alter an fleissig der Kopf geschoren wird. Bei den meisten Negern ist dies nun schon erblich geworden und wird als ein künstlicher Verkümmernszustand kaum wieder in wirklich langes Haar zurückzuführen sein. Ueberrascht war ich übrigens, als kürzlich Dr. Pogge aus dem Innern des aequatorialen Afrika dieselbe hölzerne schmale Kopfkissenschlafbank mitbrachte, die ich von Japanern gebrauchen sah, damit sie ihre Haartoilette während des Schlafes nicht etwa verunschönere. Dr. Pechuel-Lösche sagte mir, dass diese Toiletten-Schlafbank unter den Negern sehr verbreitet sei.

Wir dürfen uns nicht über aussergewöhnliche Pflege der Haare bei nackten Völkern wundern; je bedürfnissloser die Menschen sind, je weniger sie Kleider tragen, um so mehr küssert sich der Schönheitstrieb durch Pflege von Körpertheilen. Das schwarze Haar der Neger kann ursprünglich kein kurzes gewesen oder etwa ein durch Sonnenbrand veranlasster Verdorrungszustand sein; denn ein geringeltes Haar bedingt ausgedehnt ein langes Haar und Neger sind überhaupt keine Wüstenbewohner; ihre Heimath ist tropisch feucht, wie die Hylea Brasiliens. Und das kurze Haar der männlichen Europäer, das zugleich dann blond und zart ist, während sonst alle andere Menschen-Rassen schwarzes Haar besitzen? Ich bin durch eine Beobachtung an tibetanischen oder mongolischen Halbnomaden, die zigeunerartig in grosser Unsauberkeit in Sikkim etc. herumwandern, zu einer Erklärung geführt worden, die für unsre Vorfahren nicht gerade schmeichelhaft ist. Diese nomadisirenden, höchst unreinlichen Menschen zeigten mir nämlich, nachdem ich vorher Asiaten, auch unter gleichen klimatischen Verhältnissen, nur reinlich mit wohlgepflegtem, meist sehr langem Haar gesehen, zuerst kurzes Haar mit Farbenveränderung in's Rothe oder Braune. Also eine Verkümmernung des Haares infolge Vernachlässigung! Da wir Europäer indess ein Resultat vieler Völkervermischungen sind und deshalb so ungleiche Gesichtszüge zeigen, wie dies bei keiner anderen Rasse der Fall ist\*), da namentlich viele nordasiatische Nomadenstämme auf unsre Vorfahren infiltrirten, so scheint mir die Erklärung der Entstehung der hellen Farben und der Kürze unsres Haares plausibel, die Frauen aber, die stets — wenigstens bisher — mit vielem Fleiss ihr Haar pflegten, conservirten es sich nicht bloss vorherrschend lang, sondern auch meist dunkel.

Doch ich will unsere Vorfahren theilweis rehabilitiren. Die Germanen sind die Erfinder der Seife. Während die Süd- und Ostasiaten stets sehr reinlich sind und waren, oft baden, aber keine Seife besaßen und sich auch nicht mit Tüchern abtrocknen und abreiben, wodurch die Haut öfters erneuert würde, während sie infolge dessen ihre schwarze Farbe wohl verloren, aber nur ein einfarbiges Brünnett erhielten, halte ich die Seife und das Handtuch für die Hauptursache unsrer bleichen und zweifarbigen, resp. roth angehauchten Haut;

\*) Man kann in jeder mitteleuropäischen Stadt die Gesichtstypen fast aller Menschenrassen aus der eingeborenen Bevölkerung herausuchen und bleibt dann noch ein grosser, nicht typischer Rest. Die Gesichter der Europäer sind ausnahmsweise polymorph, oft hässlich, indess die Ursache davon, die starke Völkermischung in gewissen Theilen Europa's, verursachte auch grösseren Kampf um's Dasein, woraus die höhere Intelligenz und Civilisation resultirte.

denn die Insolation ist unabhängig von der Hautfarbe, wie uns namentlich die Indianer Amerika's beweisen und der Umstand zeigt, dass Europäer in den Tropen nicht im geringsten dunkler werden — sie bräunen sich nur, wenn sie sich nicht regelmässig waschen. Kann man auch keinen Neger weiss waschen, so scheint doch die schwarze Farbe im Laufe der Jahrtausende durch Reinlichkeitsmethoden zu vergehen und ist schliesslich die bleiche Farbe erblich geworden. Das Pigment liegt zwar unter der obersten Hautschicht, doch ist die menschliche Haut für Feuchtigkeit empfindlich und beschränkt permeabel, wie man beim Baden und Schwitzen fühlt, und erneuert sich öfters, besonders durch Abreiben; auch wirkt die Seife nicht etwa bloss auf die äusserste Hautschicht chemisch. Uebrigens haben keineswegs alle Europäer roth durchschimmernde Haut, sondern sind erst im Uebergangsstadium dazu begriffen und es ist nicht möglich, einen seifeschonenden, europäischen Proletarier von den unrichtig sogenannten Rothhäuten und Mongolen betreffs der Hautfarbe zu unterscheiden; bei süd-europäischen Völkern sind nur die feineren, seifegebrauchenden Classen zart-roth-bäckig-zweifarbig. Aber, wird man sagen, die Körperhaut vieler Menschen ist ja hellfarbig, ohne dass je Seife nahe kommt, ohne dass sie baden! Nun, das was ich durchschimmernd-zweifarbig bezeichnete, findet man auch nur bei Menschen am Körper, die sich öfter unter Gebrauch von Seife und Handtuch baden.

Indess will ich keineswegs die helle Hautfarbe und das helle Haar nur als aus erwähnten Ursachen resultirend hinstellen; sie sind nur mitwirkende Einflüsse; wie ja überhaupt jede Eigenschaft der Organismen das Resultat combinirter Wirkungen ist. Die bleichen Eigenschaften bei Menschen können z. B. zugleich als ein ursprünglicher Kränklichkeitszustand aufgefasst werden, veranlasst durch Klimawechsel, indem Theile der anfänglich schwarzen Rasse bei Zonengliederung der Erdoberfläche in die kalten Zonen verdrängt wurden — und dass Menschen vor Zonengliederung schon existirten, darf man aus dem, was ich Seite 22 von Verbreitung der Culturpflanzen\*), namentlich der *Banane* als der wichtigsten, ältesten, nahrhaftesten, einträglichsten, wohlschmeckendsten und am leichtesten zu cultivirenden, samenlosen Tropenpflanze sagte, schliessen. Diese Ansicht hat seine Begründung nicht bloss in analogen Fällen, dass pathologische Zustände oft mit Bleichwerden verknüpft sind, sondern beim Haar auch darin, dass bleiche, krankhafte Haare, seien sie ein durch Unreinlichkeit verkümmertes oder ein klimatisch correlativer Krankheitszustand, noch andre krankhafte Zustände zeigen: es sind alle hellen Haare viel dünner und zarter als die schwarzen. Um indess anzudeuten, wie noch andere Ursachen thätig sein können, bemerke ich: es ist eines der ausgeprägtesten Gesetze, dass die Bartbehaarung (Fülle, resp. Mangel und Länge) im umgekehrten Verhältniss zum Kopfhaar steht\*\*); es dürften also Völker und Geschlechter, die das Barthaar pflegten,

\*) Pflanzencultur finden wir nicht bloss bei hochentwickelten Menschen, sondern auch bei gewissen Ameisen; sie kann also auch schon bei unsren damaligen, tiefstehenden Vorfahren existirt haben.

\*\*\*) Um dies kurz zu belegen, gebe ich nur an: Chinesen und Malayen haben wie Europäerinnen keinen Bart, aber sehr langes Kopfhaar; wenn bei ihnen im Alter das Kopfhaar schwach wird, stellt sich ein Schnurbärtchen ein. Hindu haben mittellanges Kopfhaar und schwachen Bart; männliche Europäer gleichfalls, doch ist bei letzteren in der Regel das Kopfhaar um so schwächer bis fast fehlend, je mehr der Bart lang (resp. durch vieles Rasiren gekräftigt) ist. Leute mit schwächerlicher oder wuchernder Behaarung bieten nur scheinbare Ausnahmefälle der Regel.

dadurch schwaches Kopffhaar erhalten haben. und umgekehrt — wodurch sich vielleicht auch das Unbehaartsein des Gesichtes der ersten Menschen erklärt, wofür man bis jetzt noch keine Erklärung fand. — —

Nachdem ich an das wichtigste Schutzmittel der Pflanzen, den Korkstoff, eine Reihe von Betrachtungen über die dadurch veranlasste correlative Entstehung von Holz und die davon abhängigen Wechselbeziehungen zur Thierwelt und zu climatischen Verhältnissen, insbesondere in Bezug auf die Entwicklungsgeschichte der Pflanzen, angeknüpft habe, kehre ich zur weiteren Betrachtung anderer Schutzmittel zurück.

Die Schutzmittel durch eigenartiges Wachsthum, sei es die Form der Baumkrone oder der kriechenden Wurzel und Stämme, der Luftwurzeln oder der Tafelwurzeln, habe ich bereits erörtert; hier will ich noch wurzelartiger Bildungen gedenken, die häufig vorkommend, den verschiedensten Schutz gewährt: die Knollen und Zwiebeln. Durch deren Bildung retteten sich einerseits viele Pflanzen vor dem Untergange, indem die weidenden Thiere alles bis auf die Wurzeln abfrassen; derart kann man auch die Wurzeln der perennirenden Kräuter als besten Erhaltungszustand auffassen; denn nach Analogien vorweltlicher Pflanzentypen bin ich geneigt, — und dies entspricht auch der Theorie der aufsteigenden Entwicklung aller Pflanzen aus einfachsten Formen — anzunehmen, dass alle Pflanzen in früheren Zeiten nur einmal blühend, fruchtend waren und dann abstarben. Verdickte Wurzeln sind andererseits Behälter für angesammelte Reservestoffe. Während nun verzweigte perennirende Wurzeln in Winterklimaten, wo die Erde zur ungünstigen Jahreszeit meist mit Schnee bedeckt ist, der dieselben vor dem Erfrieren schützt, sich finden, sehen wir die Knollen und Zwiebeln meist als ein Resultat dürren Klimas in temporär regenlosen Gegenden auftreten, wo die Dürre den Boden austrocknet, weil ihnen so durch Vereinigung der Reservestoffe im möglichst engen Raume der günstigste Erhaltungszustand gegeben ist. Treffen wir Zwiebeln mehr in heissen Ländern, so finden wir Knollengewächse auch in alpinen Regionen als Schutzmittel zugleich gegen Vertrocknen und Erfrieren, insofern dünne, isolirte Erdanhäufungen auf Felsen, an Bergwänden leichter austrocknen und durchfrieren als dicke Erdschichten. Wir sehen also Knollen und Zwiebeln nicht bloß als Schutzmittel gegen weidende Thiere zur Erhaltung der Pflanzen, sondern auch als Schutz gegen Wetterungunst, namentlich als Reservestoffapparat während des Winters oder der dürren Periode behufs schneller Entwicklung für die kurze Blüthe- und Fruchtzeit.

Bei der Betrachtung der Schutzmittel der Pflanzen im Speciellen ist eine häufige Art der Blütenstellung zu erwähnen, die den Blüten und Früchten Vortheile gewährt und Nachtheile verhütet. Es sind dies die aufrechten, langen, dünnen Blütenstiele; ihre Zweckmässigkeit besteht in folgenden Punkten:

- 1) können an ihnen nur die kleinsten Thiere und auch diese nicht immer aufklettern;
- 2) erhebt der Stiel die Blüthe über Wasseransammlung in den Blattaehseln oder über das längs der Blätter ablaufende Regenwasser;
- 3) werden Blüten dadurch berufenen Thieren behufs Befruchtung und später zur Samenverbreitung sichtbar;
- 4) bei Windblüthen ermöglichen solche Stiele, dass der Wind sie schüttelt und der Pollen entfernt wird;

5) werden Samen, die auf Windverbreitung eingerichtet sind, leichter ausgeschüttelt.

Sehen wir dagegen lange aufrechte und zugleich dicke Blütenstiele, die gewissermaassen den grösseren Insecten als Kletterstangen dienen können, so sind, wenn andre Schutzmittel fehlen, nicht selten proliferirende Blüten die Folge. Bei *Agave* und *Allium*-Arten z. B. sind zwar Blätter und Blütenstiele durch schleimig-klebrige und übel-schmeckende Säfte geschützt, die Perigone selbst aber sind zuweilen geschmacklos und ungeschützt, so dass in Folge des zur Blüthezeit stattfindenden, stärkeren Saftzufflusses zu den Blüten letztere sofort zu jungen Pflanzen oder Brutzwiebeln auswachsen, falls sie durch Thiere in ihrem jüngsten Zustande oberflächlich beschädigt werden. Findet nun die Proliferation im Ueberfluss und oft statt, so sehen wir wiederum einmal eine Abnormität durch Vererbung constant, eine Ausnahme zur Regel werden.

Ein grosses Hinderniss gegen aufkletternde Ameisen, wie Kerner durch directe Beobachtung fand, sind abwärts gebogene Blattränder; seien es nun durchwachsene Laubblätter oder seien es zurückgeschlagene Corollenzipfel; letzteres ist von Bedeutung, weil es sich ausserordentlich häufig findet und wir sonst keinerlei Erklärung dafür hätten.

Die Veränderungen in der Blütenstellung dienen, wie besonders Kerner ausführte, zunächst dazu, um die Insectenblüthen gegen Regen, Thau und Wind zu schützen. Feuchtigkeit bringt cohärenten Pollen vorzeitig zum Austreiben der Intine, so dass er verloren sein würde, falls dies eher geschieht, als bis ihn Insecten auf die Narben gebracht haben. Zu solchen Schutzmitteln gehören also vor allem hängende, nickende Blüten; viele sind von Anfang in dieser Stellung; die meisten nehmen jedoch diese Stellung erst bei feuchtem Wetter, auffallenden Regentropfen und starkem Wind ein. Manche Compositen, die nicht auf andre Weise durch gegenseitig sich deckende Zungenblüthen oder zeitweis einwärts gebogene Randblüthen gegen Regen oder nur theilweise dagegen geschützt sind, indem dieselben bei feuchtem Wetter nicht völlig die Scheiben bedecken, lassen dann ihre Blütenköpfe herabhängen oder neigen sich etwas; dagegen giebt es auch sowohl zungenblüthige wie randblüthige, die bei schlechtem Wetter ihre Corollenlappen nur steif aufwärts richten; sie sind dann gegen Entführung des Pollens durch den Wind, nicht aber gegen Regen geschützt. Auch bei andren Blüthen, die sich nicht völlig bei Regen schliessen können, findet eine Neigung des Blütenstieles statt. *Oxalis* biegt sogar den Hauptstiel des Blütenstandes.

Hängende Blüthen haben keine oder nicht vorstehende Corollenzipfel, die dem Insectenbesuch hinderlich sein würden, und oft zurückgebogene Zipfel, z. B. *Cyclamen*, *Streptopus*, *Dodecathion*, manche *Fuchsien*.

Betrachten wir hier noch die sonstigen Schutzmittel des Pollens von Insektenblumen, die Kerner in einem besondern Werke — Innsbruck 1873 — behandelt, so möchte ich hervorheben:

- 1) eingeschlossene Staubbeutel, sei es durch Blumenblätter, Haare oder Combination der Blüthentheile;
- 2) Regendach der zygomorphen Blüthen;
- 3) blumenkronartige, deckende Narben bei *Iris* und *Xiphium*;
- 4) bei *Phyteuma* oberhalb verwachsene Petala, die sich erst nach Entführung des Pollens trennen; ähnlich vielleicht auch bei *Vitis*;
- 5) überneigende Blüthenscheiden bei manchen *Aroideen*;

- 6) überdachende Vorblätter; besonders, wenn, wie z. B. bei *Lathraea*, *Monotropia*, *Hormium*, zugleich die oberen, unentwickelten Blüten überneigen; die obersten Blüten sind alsdann selten fructificirend oder gar steril angelegt. *Borragineen*, die sich umgekehrt verhalten, rechts-gedrehte Wickel besitzen, haben Schlundklappen in jeder Blüthe, sind also keine Ausnahme, da sie auf diese andre Weise den Pollen schützen;
- 7) temporäres völliges Schliessen der Blüten bei schlechtem Wetter; dies geschieht stets wie in der Knospenlage, also dachig, schindelrig oder gedreht; manchmal schliessen sich blos die inneren Perigonblätter, z. B. bei *Crocus*;
- 8) Laubblätter stehen horizontal über Blüten, z. B. bei manchen *Tilia*-Arten;
- 9) successives Aufblühen, namentlich bei *Weiden* und *Commelynen*; bei ersteren, weil zur Blüthezeit wenig Insecten schwärmen und bei letzteren, weil sie nur 6—10 Stunden blühen, ephemere Corollen haben, sodass, wenn wirklich eine Blüthe nicht von Insecten befruchtet wird, es bei der nächsten geschieht; ähnlich bei *Umbelliferen* und *Cruciferen*; damit hängt zusammen,
- 10) dass solche Blüten nur bei Sonnenschein oder wenn bestimmte, zur Befruchtung adaptirte Insecten fliegen, die Blüten öffnen; letzteres ist namentlich bei gewissen Dämmerungs- und Nachtblumen der Fall;
- 11) Ueberfluss an Pollen und Blüten überhaupt, nicht blos bei Windblüthen, sondern namentlich auch bei cultivirten *Pomaceen*. Wenn alle Birnen- und Aepfelblüthen Früchte erzeugen würden, müssten die Aeste brechen. Uebrigens haben diese dem Regen und Winde mehr exponirten Culturbäume meist viel mehr Staubblätter als die im Wald wildwachsende Formen derselben.

Kerner hebt hervor, dass Insectenblüthen der Alpen mit vielen Schutzmitteln des Pollen versehen sind, weil sie sich sonst wegen des öfteren Regens zur Blüthezeit nicht erhalten könnten, wie dagegen die Pflanzen in Floren mit wechselnder, regenloser und regenreicher Jahreszeit meist in der regenlosen Zeit blühen — dies ist, wie ich auch aus Ostjava bestätigen kann, namentlich im Beginn der dürren Periode der Fall —, wie solche Pflanzen, insbesondere *Mimosen* und *Myrtaceen*, ferner die honigreichen *Proteaceen* Australiens gewisser Schutzmittel entbehren; bei ihnen ist das Perianthium oft verkümmert, die Staubblätter dagegen durch Anhäufung und Farbe insectenanziehend. Dass sich solche Pflanzen auch seltner in feuchten Tropen finden, beweist nicht die Unrichtigkeit dieses Satzes, wie H. Müller meint; es zeigt nur, dass solche Pflanzen sich auch anderwärts bedingungsweise accommodiren, indem sie, wie z. B. *Mimosen*, bei feuchtem Wetter die Blütenköpfe zusammenballen und hängen lassen oder, wie Weiden, Ueberfluss an Pollen haben und diesen successive entwickeln. Ausnahmen sind bei jeder Regel; richtig definiert bestätigen sie nur die letztere. Im Allgemeinen sind *Mimosen* und *Myrtaceen* Pflanzen temporär trockener Länder.

Betrachten wir nun den Wechsel der Blütenstellung nicht blos als Schutzmittel gegen Regen und Wind, so sehen wir, dass manche hängende Blüten zur Fruchtzeit aufrecht werden, z. B. viele *Liliaceen*. Dies ist zur Verbreitung der Samen von Nutzen, damit der Samen nicht in nächster Nähe ausfalle, sondern durch den Wind gewaltsam entfernt werde. Interessant ist insofern,

dass hängende *Campanula*-Früchte an der Basis, aufrechte dagegen an der Spitze der Kapsel sich öffnen — also stets oben! Die Wendung der Fruchtsiele geschieht bei hängenden Blüten auch, damit die Früchte unter Besonnung schneller reifen und sich färben — bekanntlich färben sich die nicht besonnten Seiten der Früchte langsamer oder nicht —, damit also gefärbte, aufrechte Früchte den Vögeln auffallen und so die Samen verbreitet werden. Bei manchen hängenden Blüten mit leicht beweglichen Stielen dürfen wir letztere als Schutzmittel der Blüthe gegen aufkletternde Insekten betrachten, weil letztere nicht gern fädliche, bewegliche Stiele betreten.

Das abwechselnde Oeffnen und Schliessen der Blüten bietet also Schutz gegen Regen und Wind, Schutz gegen unpassende Insecten, indem solche Blumen nur an bestimmte Insecten adaptirt sind, die in der Zeit der Blütenöffnung fliegen; es giebt drittens aber auch Fälle, wo durch Schliessen der Corolle Befruchtung veranlasst wird, indem dadurch erst Pollen und Narben sich berühren. Kerner citirt hierfür *Sternbergia* und *Colchicum* als Beispiele.

Umgekehrt giebt es aber auch Fälle, wo Blüten gegen Nachthau unempfindlich sind, wie dies Nacht- und Morgenblumen beweisen; z. B. um 2 Uhr früh fängt *Ipomaea purpurea*, um 3—4 Uhr unsre zwei *Anthericum*-Arten, *Cucurbita Pepo*, *Scorzonera hispanica*, *Tragopogon pratense*, *Lampsana* an aufzublühen, um 5 Uhr öffnen *Cucumis sativus*, *Verbascum Thapsus*, *Hieracium praealtum*, *Crepis tectorum*, *Helianthemum vulgare* (vergl. K. Fritsch, Beobachtungen über Pflanzenschlaf), *Convolvulus sepium*, die auch im Regen die Blüthe nicht schliesst, *Hemerocallis fulva*, *Convolvulus tricolor*, *Cichorium Intybus*, *Sonchus*-Arten schon die Blüten. Für *Convolvulus sepium* ist dies um so auffällender, als die meisten Blüten sich an dunklen Abenden schliessen, während andre (?) bei Mondschein sich öffnen und dann durch Nachtfalter befruchtet werden. Ich vermüthe, dass viele Gräser, die bereits vor Sonnenaufgang im vollsten Thau ihre Narben und Antheren aus den Spelzen herausragen lassen, durch Thau befruchtet werden, und zwar sind es fast nur die ährenförmigen Gräser, die zeitig frühmorgens aufblühen, während die rispigen, bei denen Thaubefruchtung unmöglich wäre, nicht morgens blühen. Ich beobachtete dies schon längst und finde es nachträglich durch A. Godron's Arbeit „Ueber das Blühen der *Gramineen*“ bestätigt, — nur dass er keine Ahnung von Thaubefruchtung hat. Er giebt an, dass Weizen von 4<sup>1</sup>/<sub>2</sub>—7 Uhr morgens blüht, mit Maximum der Entwicklung zwischen 5—5<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Uhr; Roggen blüht von 6—7 Uhr früh, Hafer öffnet dagegen Nachmittags die Aehrchen. Besonders spricht auch für Thaubefruchtung die Beobachtung Godron's, dass die Grasähren von oben anfangen, die Blüten zu entfalten; derart kann der entwickelte Pollen einer höher situirten Blüthe sicher auf die Narbe der darunter befindlichen Blüthe gelangen, wobei die gefranzten, kurzbehaarten Spelzen dieser Blüten den rinnenden, mit Pollen beladenen Wassertropfen im Laufe aufhalten, und der Pollen abgefangen wird, Wasser aber abläuft. Bei ährenförmig angeordneten Insectenblüthen z. B. *Phyteuma*, *Salix*, *Trifolium*, *Ajuga*, *Agrimonium* u. s. w. ist es stets umgekehrt, die untersten Blumen öffnen sich zuerst. Da nun gewiss neben der Thaubefruchtung auch Wind- und Selbstbefruchtung bei ährenförmigen Gräsern stattfindet, hat man durch Culturen zu prüfen, welches der häufigere und insofern passendere Modus ist, als dadurch bessere und mehr Samen erzeugt werden. Al. Steph. Wilson z. B. fand, dass bei der Roggensorte, die er für Windbefruchtung adaptirt hält, 24% befruchtungsfähige Blüten unfruchtbar waren.

In über Thaubefruchtung anzustellende Beobachtungen sind alle im Laub versteckten und zugleich nicht auffallend gefärbten Blüten, die also weder Wind- noch Insectenblüthen sein können, so auch alle ährenförmig angeordneten, grünen oder gelblichen Blüten, wo der Thau von Blüthe zu Blüthe rinnen kann, einzuschliessen. Ueber die Befruchtung bei *Amarantaceen* und *Chenopodiaceen* ist auch noch nichts bekannt. Es sind nicht bloß einige Wasserpflanzen zur Befruchtung durch Wasser geeignet, bei denen also das Wasser den Pollen auf die Narben schwemmt. Bei einigen *Heliconien* mit aufrechtem Blütenstand (den amerikanischen *Musaceen*) und vielen *Zingiberaceen* Asien's sind die Blüten oft nur Stätten für Wasseransammlungen; dabei fructificiren sie stark. Es sind diese Blüten von allen Blumen am auffallendsten gefärbt, sodass sie ursprünglich als zur Anlockung und Befruchtung durch kleine Vögel, Kolibri's, angepasst erscheinen, aber jetzt, wo diese Vögel seltener sind oder, wie in Asien, fehlen, dürften sie nur zum kleinen Theil noch dadurch befruchtet werden; es scheint aber bei den meisten ein Rückschritt zur Wasserbefruchtung stattgefunden zu haben. Ich bezeichnete dies als Corollenthaubefruchtung und halte sie für primitiv häufig stattgefunden, ja die Corollen geradezu durch sie veranlasst; (s. S. 59, 62); indess da eine derartige Befruchtung jetzt nicht regelmässig stattfindet, mag sie heutzutage nur noch selten als Ausnahme vorkommen. Ich habe speciell von asiatischen *Scitamineen* diejenigen im Auge, deren Griffel und dessen darunter stehender Staubbeutel von dem Perigon eingeschlossen sind, z. B. *Amomum*, *Elatarium* und *Curcuma*-Arten, mit erdständigen Inflorescenzen und mit aufrechten Blüten. Bei diesen Pflanzen sind offenbar die Blüten durch Verkümmern vereinfacht; die höher entwickelten Arten jener Familie haben hängende Blüten, sodass der Pollen, obgleich vom Griffel überragt, doch auf letzteren fallen kann, wenn nicht Insecten die Vermittlung übernehmen. Letzteres dürfte sicherlich bei den wohlriechenden *Hedychium*-Arten stattfinden. Kerner vermuthet, dass bei *Richardia aethiopica* der Regen die Befruchtung vermittele, indem der herabgeschwemmte oder herabgefallene Pollen auf Wasser, das sich in den Blüten sammelt, den Narben schwimmend zugetragen werde; er meint, dass Befruchtung derart ermöglicht werde, wenn nur der Zeitraum zwischen Benetzung des Pollens und Uebertragung auf die Narbe nicht allzulang sei; er erwähnt *Callitriche*, deren Pollen sich im Wasser vierzehn Tage unbeschädigt halte. — Die Exine des Pollens der unter Wasser lebenden Phanerogamen ist sehr dünn (*Zostera* hat fädlich-länglichen, zum Schwimmen passenden Pollen) und scheint korkstoffhaltig zu sein; die Exine der Insectenblüthen ist meist dick, aber quellungsfähig. Bei den auf Thaubefruchtung zu prüfenden Pflanzen möge auch diese Eigenschaft näher erforscht werden. Uebrigens mache ich darauf aufmerksam, dass wir über die Befruchtung der niedrigen, zwischen Gras versteckten missfarbigen, dem Thau sehr exponirten Pflanzen mit meist unscheinbaren Blüten, die aber wegen ihres Standortes kaum durch den Wind befruchtet werden können, z. B. *Sagina*, *Drosera*, *Elatine*, *Radiola*, *Herniaria*, *Scleranthus*, *Limosella* und *Hydrocotyle* wenig oder keine Untersuchungen besitzen. Auch *Cardamine impatiens*, *Lepidium ruderale*, *Isnardia*, *Hypneris*, *Myriophyllum*, *Potamogeton*\*) , *Callitriche*, *Ceratophyllum*, *Tropa* etc. sind noch näher zu prüfen.

\*) Die submersen *Potameen* und *Hydrocharitaceen* haben nach Ascherson Wasserbefruchtung; die schwimmenden sollen nach Delpino Windbefruchtung haben; jedoch ist dessen Blüthentypus *immotiflorus* vermuthlich gar nicht zur Windbefruchtung geeignet, dagegen zur Thaubefruchtung gut.

*Hydrocotyle* ist eine von den wenigen *Umbelliferen*, die in den Tropen leben, und zwar tritt sie nur da massenhaft, geradezu wiesenartig auf, wo es jahraus, jahrein am meisten regnet, z. B. an der Ostseite Costarica's. Wenn *Elatine* unter Wasser blüht, theilte mir Al. Braun mit, befindet sich über der Blüthe eine Luftblase, innerhalb welcher die Befruchtung stattfindet. *Myosurus minimus*, das auch ähnliche, dem Thau exponirte, versteckte Standortverhältnisse liebt, hat eine eigenartige Selbstbefruchtung; hier wächst der Fruchtboden in die Länge, wobei die Narben die Staubbeutel streifen. Umgekehrt ist es, wie H. Müller gleichfalls beschrieb, bei *Myosotis versicolor*; hier ist trotz reifer Genitalien die Blumenkrone anfangs nicht entwickelt und streift bei späterem Wachsen die dadurch mit vorgeschobenen Antheren an der Narbe ab. Manche dieser Zwerg-*Phanerogamen* sollen zuweilen kleistogame Blüthen haben. Ueberhaupt dürften beide Sorten der Thaubefruchtung in den Tropen häufiger sein als bei uns, und auch nächst der Wasserbefruchtung in früheren Erdperioden vorherrschend gewesen sein, namentlich als ein Stadium zwischen Schneckenbefruchtung und der apetalen Windbefruchtung. Die Schneckenbefruchtung ist bisher nur von Delpino beobachtet, z. B. an *Alocasia odora*, *Rhodea japonica*; wenn ich diese Befruchtungsweise dennoch früher als einmal vorherrschend gewesen annehme, so hängt das mit der Annahme zusammen, dass das Meer früher salzfrei gewesen sei und eine ungeheure Vegetation gehabt habe, von der die Weichthiere lebten und die mit dem Salzwerden des Meeres fast ausstarb, dass die im Wasser lebenden Organismen, als sie sich höher entwickelten und über Wasser erhoben nicht gleich ihre Befruchtungsweise ändern konnten, sich einer ähnlichen Befruchtung accommodiren mussten, zumal Corollen nicht allzu rasch sich eingefunden haben können; dann müsste aber der Ocean damals salzfrei und mit grünen Pflanzen reich bedeckt gewesen sein.

Ich weise darauf hin, dass das heutige Meer fast keine chlorophyllhaltige Vegetation hat; selbst grüne Meeresalgen sind selten und wachsen am Strand, wo sie zeitweise infolge der Ebbe und Fluth vom Wasser nicht bedeckt sind, also Nahrung aus der Luft beziehen können; so z. B. fast nur *Ulva*, *Caulerpa*, *Bryopsis*, *Valoni*, *Cladophora*; ebenso wachsen grüne Meeres-*Phanerogamen* nur in der Nähe des Strandes, wo das Wasser stets ärmer an Salzgehalt ist, und dann meist in Lagunen oder an solchen Orten, wo sie aus den zugeschwemmten, z. Th. gelösten organischen Resten ihre Nahrung entnehmen können. Schwimmende grüne makroskopische Meerespflanzen giebt es im Ozean überhaupt nicht.

Wenn Humboldt dem *Sargassum* eine grünliche Farbe giebt, so ist das ein Irrthum. Ueberhaupt existiren *Sargasso*-Wiesen mehr in der Phantasie als in der Natur. *Sargassum*, das stets nur nahe dem Strande an Felsen in flachen Meere wächst, sieht gelbbraun aus; wenn es losgerissen ist, vergilbt es und sammelt sich vereinzelt in den sogenannten Windstillten der Ozeane, wo es sich nur abgestorben findet, höchstens an den abgerissenen Stellen vernarbt und dann nicht weiter wächst, sicher nie fructificirt. Ich constatire hiermit, dass ich im Februar 1874 im *Sargasso*-Meer des atlantischen Oceans, das ich 2½ Tage lang durchschiffte, etwa aller funfzig Schritte ein Stückchen *Sargassum* gesehen und im *Sargasso*-Meer des stillen Ozeans (siehe Stieler'schen Atlas), das ich 9½ Tage lang von 140° W. Greenwich und 35° n. Br. bis 174° W. und 29° n. Br. im Dec. 1874 durchfuhr, nicht ein einziges Stückchen gesehen habe!

Die niedrigsten grünen *Algen* leben heutzutage noch in heissen Quellen; an den Geisirs des Yellowstonegebietes wachsen sie in etwa 70° R. und in Japan

find ich solche in 51<sup>o</sup> R. heissem Wasser; fast nie aber finden sich solche im salzigen Wasser, von *Spirulina* abgesehen, die im Brackwasser wächst. Es finden sich im Salzwasser nur wenige niedre, einzellige *Algen*-Formen, z. B. durch Kieselsäure geschützte *Diatomeen* und diese sind Strandformen oder trotz ihrer Einzelligkeit höher entwickelte grössere *Siphonien*, die im Habitus an grössere Landpflanzen erinnern. Es ist eine wohlberechtigte Annahme, dass grüne *Algen* die erstenstandenen Pflanzen sind und sich die höheren Pflanzen nach und nach daraus entwickelten. Dies ist aber rein unmöglich, wenn das Wasser von Anfang an salzig gewesen wäre. Die Hypothese, dass in kleinen Regenansammlungen, die auf dem Festlande entstanden, sich die unendliche Reihe von Pflanzenformen entwickelte, — zu deren Entstehung wir schon mit Millionen (60 nach Croll) von Jahren rechnen müssen, wenn man die Entwicklung nicht im Meere, sondern in Süsswasseransammlungen des Festlandes stattgefunden denkt — würde eine Annahme von Jahren bedingen, die man sich vielleicht mit einer Eins und einer Million von Nullen dahinter approximativ vorstellen könnte, was zwar dem uns unfassbaren Begriff der Ewigkeit nicht widerspräche, wohl aber annähernden Berechnungen, die man über Erdabkühlung anstellen kann. Da namentlich isolirte Continentalwässer verhältnissmässig schnell — wie ich im zweiten Theile dieses Büchleins erörtern werde — salzig werden, wodurch die darin entstandenen niederen Pflanzenformen untergehen mussten, so hätten letztere bloss durch damals fast nicht vorhandene gelegentliche Verbreitung in neuentstehende Süsswasserbecken transportirt werden müssen, damit überhaupt eine aufsteigende Entwicklung der pflanzlichen Organismen<sup>1</sup> ermöglicht werden konnte. Von den vielen Gründen, die gegen die Annahme alleiniger Vegetationsentwicklung in continentalen Süsswassern sprechen, will ich hier nur noch einen hervorheben: die Kohlenlagerbildung müsste ununterbrochen in allen geologischen Perioden stattgefunden haben; dies ist aber nicht der Fall. Doch ich will die Frage des salzfreien Meeres in einem besonderen Abschnitt behandeln und breche deshalb hier ab. Jetzt sei nur noch erwähnt, dass grosse Tange bis zu 10 oder etwas mehr Fuss Länge den Beschreibungen nach nur selten, besonders nur nahe den Küsten in kälteren Meeren vorkommen. Wie verhält es sich mit *Macrocystis pyriformis*? Ist es eine Ausnahmestaltung wie der Wallfisch unter den Thieren oder sind die ursprünglichen Angaben darüber eine analoge Uebertreibung wie *Sargasso*-Wiesen? Dieser Tang soll nach Leunis bis 1000 Fuss lang sein; nach Humboldt, der sich auf Forster'sche Angaben stützt, nur bis 338 par. Fuss<sup>\*)</sup>. Ausser dieser Ausnahmestaltung werden sonst nur noch wenige Tangarten bis zu 20 Fuss Länge beschrieben; ich sah bisher noch keinen Tang über 10 Fuss Länge trotz meiner vielen Seereisen und botanischen Excursionen am und — ich darf wohl auch sagen — mitunter im Meer; in warmen Meeren ist die Tangvegetation zwergartig und überhaupt ist die Vegetation der Meere nur eine strandliebende, die mit der Tiefe verschwindet. Ausserdem sei noch betont, dass im freien Meer überhaupt weder sichtbare Pflanzen, noch niedere Algen wachsen, wie gegenheilig auf Süsswasserseen. —

Welch' schöne Uebergangsstufe von Thaubefruchtung zur Windbefruchtung und gewissermassen eine Bestätigung, dass früher Thaubefruchtung allgemein war, bietet die *Coniferen*-Befruchtung! Die Pflanzen der Steinkohlenperiode

<sup>\*)</sup> Humboldt citirt diese seine eigene Angabe ein andermal „bis 400 Fuss Länge“. Vergl. Ansichten der Natur S. 228 und 267. (Auf: 43. Tausend.)

hatten sich theilweise über das Wasser erhoben; uns ist von denselben nur ein kleiner Theil aufbewahrt worden, solche, die Schutzmittel — Holz und Borke — erhalten hatten. Viele uns unbekannte Steinkohlenpflanzen hatten ihre Befruchtungseinrichtungen über Wasser erhoben; sie konnten nur erst Schnecken- oder Thaubefruchtung haben; damals waren *Coniferen* noch wenig entwickelt (in der Wealdenkohle traten sie erst häufig auf), sie blieben aber auf niedriger Stufe stehen und als nun die Feuchtigkeit der Luft abnahm oder die *Gymnospermen* in trockne Gegenden wanderten, als sie bereits wegen der Holzentwicklung zu stabil geworden waren, sodass ihre weiblichen Organe sich nur wenig ändern konnten, modificirten sie sich zu dieser Befruchtungs-Mittelstufe, indem das weibliche Befruchtungsblatt einen Tropfen Feuchtigkeit absendet, der den Windpollen abfängt. —

Wir kommen nun zu den Schutzmitteln der Blüthen insbesondere, worüber Kerner die ausführlichsten Beobachtungen veröffentlichte. Doch giebt Müller bereits viele Anhaltspunkte. Zunächst die Pflanzenfarben. Diese haben wir bisher als Anlockungsmittel betrachtet; selbst Blüthen ohne Nectar werden, wenn sie auffallende Farben besitzen, häufig von anfliegenden Insecten besucht; so kommt es denn, dass dergleichen, die Ueberfluss an Pollen haben, wie *Papaver* und *Hypericum*, trotz fehlenden Honigs regelmässig durch Insecten befruchtet werden. Dagegen erwähnt Müller eine Anzahl Fälle, wo Blumen grünlich, schmutziggelb, braungelb, braun, gelblichweiss sind und zugleich offen daliegenden, also ungeschützten Nectar besitzen. Hier sind diese Farben insofern ein Schutzmittel, weil unnöthiger Insectenbesuch nicht durch Anlockung veranlasst wird; der freiliegende Honig wird von intelligenteren Insecten abgeholt. Gelbliche Blüthen mit Nectar sind namentlich Mücken zur Befruchtung angepasst und schmutzig braune *Asclepideen*-Blüthen, z. B. aasduftende *Stapelia*, ferner *Rafflesia*, sind eine Adaptation an Aasfliegen, welche an gleiche Farbe und Geruch faulenden Fleisches gewöhnt sind.

Die missfarbigen Blüthen haben in der Regel keinen Geruch, locken also auch insofern nicht Insecten an. Die grüne Farbe ist fast nur Windblüthen eigen; wir finden sie sehr selten bei sogenannten Blumen, die also früher an Insectenbefruchtung angepasst waren und sich, als passende Insecten später fehlten, nur dadurch erhielten, dass sie die grelle Farbe verloren und zur Selbstbefruchtung übergingen, wie z. B. *Nicotiana rustica*, die in aller Welt reichlich fructificirt, während die grellblumige *Nicotiana Tabacum* viel seltener Früchte ansetzt. Wenn Insectenblüthen sich nächtlichen Insecten anpassten, sahen wir die Farbe meist grünlich oder unscheinbar werden, z. B. bei *Silene chlorantha*, während tagblühende *Silene*-Arten grelle Blumen haben; grellfarbige *Sileneen*, die Nachts blühen, rollen, wie Kerner zeigt, die Blüthenzipfel tagüber ein, sodass die äussere unscheinbare Farbe derselben dann nicht Insecten anlockt. — Die grünen Blüthen von *Helleborus* sind auf Art der Befruchtung noch zu untersuchen.

In der Regel sind mattgelb gefärbte Blumen keine Insectenblüthen und entbehren des Nectars. Nachtblühende Insectenblüthen mit meist unscheinbaren Farben haben dafür stärkeren Geruch. Kerner führt als Beispiel an *Hesperis tristis*, *Pelargonium triste*, *Nyctanthes arbor tristis*. Ebenso sind tagblühende *Platanthera* weiss und wenig riechend, nachtblühende grünlich und stark duftend; genau so erhalten sich einige tropische *Datura*-Sträucher. Die wenigen grellfarbigen Nachtblüthler darf man als Uebergangsstadien von Tagesinsecten-

befruchtung zur Nachtinsectenbefruchtung, wenn erstere ausbleibt oder wegfällt, betrachten; ihre Blumen sind dann fast stets am Tage dadurch geschützt, dass sie alsdann geschlossen bleiben und dass zugleich ihre äussere, (d. h. die bei geöffneter Blume der Erde zugewandte) Farbe unscheinbar ist, oder aber sie sind bei Tage im Kelch eingeschlossen, sodass die insectenlockende Farbe nicht sichtbar ist. *Lychnis vespertina*, *Oenothera biennis*, *Chrysanthemum corymbosum*, *Cereus grandiflorus* etc., *Convolvulus sepium* zeigen uns Beispiele, wie heutzutage sich Tagblumen zu Nachtblumen modificirten.

Aus demselben Grunde, Thiere nicht anzulocken, ist die Eigenschaft der meisten Blumen, dass die der Erde zugewendeten Theile grün bis grau oder schmutzig-farbig sind, den Pflanzen von Vortheil; denn aufkriechende Insecten, die andernfalls angelockt würden, sind den Blüthen schädlich. Solche Befruchtung, die Insecten von obenher bewirken, ist am meisten nützlich; minder von Vortheil ist es der Pflanze, wenn zufällig durch Einbruch auch Befruchtung erfolgt, namentlich weil dann aufkriechende Insecten mehr Blüthen fressen, als befruchten.

Es ist von besonderem Interesse zu wissen, wie sich Blütenfarben und Geruchsverhältnisse gegenseitig ergänzen, um Insecten anzulocken und wie häufig überhaupt die verschiedenen Blumenfarben im Verhältniss zu einander auftreten. Mir liegen darüber einige Dissertationen vor, die auf Anregung von Prof. G. Schübler 1825—1833 in Tübingen erschienen sind. Ich entnehme aus diesen statistischen Arbeiten von K. F. Feil, F. J. Köhler, I. C. Lachenmayer und F. X. Müller kurz folgende Resultate, die sich auf 6—7000 Species der verschiedensten Familien beziehen.

1) Häufigkeit der Blumenfarben: Weiss 29% (34), roth 22% (18), gelb 21½% (29), blau 15% (9), violett 8% (6), grün 3%, orange 1% (½%), braun ½%, schwarz ⅙%. Die Zahlen in Parenthese beziehen sich auf Deutschlands Flora, wo weiss und gelb auf Kosten von blau und roth vorherrscht; sie sind in der Dissertation von J. C. Lachenmayer mitgetheilt.

2) Verhältniss der Farbe zum Geruch: 11% aller Blumen etwa riechen nur; die verschiedenen Familien und Genera verhalten sich verschieden; bei weiss 14% (1—16%), roth 9% (3—75%), gelb 8% (0—12%), blau 3% (0—5%), violett 7½%, grün 7½%.

Letztere absonderliche Schwankungen erklären sich dadurch, dass, je lebhafter die Blumenfarbe ist, sie desto weniger Geruch besitzt und umgekehrt, je unreiner die Farbe ist, desto mehr ist der Geruch entwickelt; als Beispiel erwähne ich: die grellrothen *Mohn-* und *Paeonien*-Arten, die grellgelben *Ranunculaceen* und *Compositen*, diejenigen *Rubiaceen*, die grell weiss sind; fast alle rein blauen Blumen, z. B. von *Campanula* *Viola canina*, riechen nicht; die mattrrothen *Rosaceen*, die mättgelben *Primulaceen*, *Compositen* und *Cruciferen*, auch alle mattweissen und schmutzigblauen Blumen (*Viola odorata*) riechen meist. Doch riechen die grellgefärbten *Nymphaeaceen*, selbst die laublüthigen, wahrscheinlich, um die auf dem Lande lebenden, befruchtenden Insecten um so mehr anlocken zu können.

F. J. Köhler und F. X. Müller kommen für die drei nur häufigen Farben: roth, gelb, blau zu folgenden Schlüssen, indem sie die weisse nur als Abweichung von andren Farben betrachten:

1) Gattungen mit lebhaften Farben haben meist geruchlose Blüthen; von ihnen sind nur 0—12% weiss;

2) solche mit weniger lebhaft gefärbten Blumen sind öfter riechend und zeigen 12—70% weisse Abweichungen und

3) je weniger lebhaft Farben in Pflanzengenera vorherrschend auftreten, um so häufiger zeigt sich Geruch und weisse Farbe (70—100%).

Rothe Pflanzenfarben dienen aber, was bisher noch nicht bekannt war, auch als direct abwehrendes Schutzmittel. Dass Pferde, Rinder und Truthühner vor rothen Tüchern scheuen, ist bekannt; von den Javanern lernte ich indess, dass den Wildschweinen, die dort häufig sind, weil sie von der vorherrschend muhamedanischen Bevölkerung nicht verspeist werden, die rothe Farbe zuwider ist. Die Javaner schützen häufig ihre Kaffeeplantagen und Gärten nur mit einem lebenden Zaun, der niedrig sein kann, von rothblättrigen Pflanzen, gleichviel aus welcher Gattung oder Familie: *Dracacenen*, eine *Salvia*-Art und eine *Amarantacee* werden derart am häufigsten verwendet. Wie ich erwähnte, dürften auch rothfrüchtige *Physalis*-Arten insofern geschützt sein. Die rothe Farbe wirkt indess nur auf gewisse Thiere abschreckend; jedes Schutzmittel ist eben beschränkt und local passend. Umgekehrt, wo Wildschweine häufig sind, giebt es fast keine Brennnesseln, deren Brennhaare doch sonst ein treffliches Schutzmittel bieten. Schweine fressen Brennnesseln so gern, wie Esel die Disteln.

Die Blüthen von *Ophrys insectifera*, deren zahlreiche Formen verschiedene Insecten nachahmen, verstehen wir vielleicht als einen passenden Erhaltungszustand, wenn wir die braune Farbe des *Labellum* als abstossend, wenigstens nicht anlockend für Insecten betrachten und bedenken, dass dieses Labellum dem Hinterleib eines die *Orchideen*-Blüthe besuchenden, bienenartigen Insectes ähnlich sieht, dadurch die Insecten täuscht und vom Besuch abhält, der gar nicht nöthig ist, da *Ophrys* sich selbst befruchtet. Diese Mimicrie ist aber für *Ophrys* vortheilhaft; denn sonst würden die Insecten, die sonst *Orchideen* gerne besuchen, ihrer nectariumlosen Blüthe dennoch den Pollen entführen, also Befruchtung vereiteln.

H. Müller erwähnt namentlich folgender Schutzmittel des Nectars und Pollens; des letzteren insofern, als er gegen Insectenfrass und Raub zu schützen sei, was von Kerner fast gar nicht betont wurde.

1) der Pollen birgt den Nectar, indem sich die Staubbeutel kugelförmig zusammenneigen.

2) Nectar und Pollen sind durch geschlossene Corollen geschützt; honigsuchende Bienen öffnen erst die Corolle, veranlassen dabei Befruchtung; der dann übrig bleibende Pollen hat und bedarf keinen weiteren Schutz; so bei *Antirrhineen*, *Borragineen*;

3) Nectar und Pollen sind in engen Corollenröhren befindlich, deren oberes Ende meist eingengt oder durch einen Haarkranz geschlossen ist; derart können nur lange Rüssel gewisser Insecten eindringen und dies genügt zur Befruchtung; in allzu engen und sehr langen Röhren können nicht Bienen, nur Schmetterlinge Nectar erreichen und somit befruchten;

4) Pollen und Nectar sind unter einem Regendach versteckt, z. B. *Labiaten*, *Iris* u. s. w.

5) Pollen und Nectar sind bei den vollkommensten Insectenblüthen völlig eingeschlossen, so z. B. bei *Fumariaceen*, *Asclepiadeen*, *Orchideen*, *Papilionaceen*. Nach Befruchtung durch Insecten werden meist erst die Staubblätter sichtbar, nachdem sie also ihren Zweck erfüllt haben. —

Eine aussergewöhnliche Anpassung zur Befruchtung durch einen geschützten Schlupfwinkel suchende Mücken, zugleich ein zeitweiliges Gefängniss für dieselben, bieten die *Aristolochien* und *Androsace*, deren Blüthenscheide dann an einer

Stelle eingeengt ist, wo Haare oder bei *Aroideen* die Staubblätter reussenartig die freigelassene Oeffnung ausfüllen, sodass nur diesen kleinen Insecten der Eintritt möglich ist. Nachdem der Pollen ausgefallen ist, werden die Staubbeutel schlaff, die Blüthenscheide weitet sich infolge der durch Befruchtung dicker gewordenen Fruchtknoten aus und die Insecten sind nun frei, um mit dem auf sie gefallenen Pollen in frischgeöffnete Blüthen zu fliegen und bei diesen Fremdbefruchtung zu veranlassen. —

Der Nectar ist meist tief verborgen, oft in besondern Höhlungen, Nectarien, die oft durch Vorsprünge der Corolle oder durch Haare überdacht sind.

Die glockenförmigen Blüthen von *Symphoricarpus* sind am Ende so eingeengt, dass nur die Köpfe gewisser Wespenarten eindringen können und andre Insecten ausgeschlossen sind.

Wenn Nectar gar zu verborgen ist, finden wir oft auffallend gefärbte Linien und Striche auf der Corolle; diese wurden schon von Sprengel, dessen bahnbrechendes Werk: „Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und der Befruchtung der Blumen, Berlin 1793“, ein halbes Jahrhundert von den Botanikern fast negirt wurde, als Wegweiser zum Honig für besuchende, einsichtiger Insecten bezeichnet.

Man wird bemerkt haben, dass ich infolge der ursprünglichen Form dieser aus einem Vortrage entstandenen Schrift, ausser an H. Müller's und an Hildebrand's Werke, insbesondere an einige Sätze aus Kerner's „Schutzmittel der Blüthen“ meine eigenen Folgerungen und Beobachtungen, ich glaube, in ziemlicher Fülle angeknüpft habe; um dem Ganzen einen Abschluss zu geben und auf Kerner's treffliches, unentbehrliches Buch, das mir viel Anregung gab, hinzuweisen, sei es mir vergönnt, noch kurz die ferner von diesem hervorragenden Botaniker gefundenen Resultate anzugeben, indem ich nur wenige Erörterungen hinzufüge.

Uebrigens wolle man auch F. Delpino's Werk: „Ulteriori osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale, 1875“, speziell den zweiten Band, vergleichen, worin dieser kenntnisreiche Autor die Blumeneinrichtungen für Insectenbefruchtung in Typen angeordnet bespricht. Da die Anpassung an bestimmte Insecten stets bei einer Blume Eigenschaften voraussetzt, die andren Insecten den Besuch erschweren, sodass er schliesslich bei nicht passenden Blumen unterbleibt, da man infolge dessen solche Einrichtungen selbst als Schutzmittel gegen unerwünschte Gäste auffassen darf, hätte ich hier dies Werk noch mehr berücksichtigen sollen, zumal Delpino'sche Beobachtungen öfters durch augenscheinlich unabhängig davon erhaltene Resultate Kerner's bestätigt werden; doch müsste ich nur wiederholen, was bereits H. Müller referirte, und verweise deshalb auf Just's botanischen Jahresbericht, Jahrgang II.

Kerner führt aus, dass aufkriechende, grössere Insecten, selbst wenn sie Befruchtung veranlassen könnten, dennoch unwillkommene Gäste sind, weil sie auf dem langen Weg zur nächsten Blüthe doch den anhaftenden Pollen verlieren würden; ebenso sind Blasenflüsse, *Thrips*-Arten, jene winzigen Insecten, die meist von Blume zu Blume springen und für fleissige Blumenbefruchter gelten, ungebetene Gäste, wenn sie ankriechen; ferner sind kleine Insecten in den Blüthen den nützlichen Schmetterlingen ein mechanisches Hinderniss, namentlich ist aber der Einbruch, der seitliche Raub des Nectar, unvortheilhaft; deshalb sehen wir die Blüthen insofern nicht blos gegen ankriechende, sondern auch gegen Einbruch anfliegender Insecten geschützt.

Nach Mittheilungen von mehreren Beobachtern — Delpino, Benett, Kerner und bereits auch Aristoteles — besuchen Bienen und Schmetterlinge, wenn sie die Auswahl haben, hintereinander meist ein und dieselbe Blumenart; man muss also bei ihnen Feinschmeckerei annehmen, was der Blumenbefruchtung sehr zu statten kommt, da kein Pollen verloren geht oder in unrechte Blüthen gebracht wird; Darwin erklärt diese Gewohnheit der Bienen daraus, dass sie dadurch schneller arbeiten, schneller Honig einsammeln. Sollte nicht auch verschiedenartiger Nectar, untereinander genossen, pathologische Zustände bei den Bienen hervorrufen, etwa wie verschiedenes Obst oder Bier bei Menschen? — Ferner werden wohlriechende Blumen von weidendem Vieh und von Raupen verschmäht, selbst wenn die Laubblätter gefressen werden.

Chlorophyllfreie Pflanzen werden nach Kerner von weidenden Thieren nicht angertührt. Warum giebt es dann giftige Pilze? Bloss gegen Gewürm? Ferner, bemerke ich, werden gewisse Pilze von Schweinen gefressen.

Wasserisolirung betrachtet Kerner als eins der besten Schutzmittel gegen ankriechende Insecten, auch die Wasseranhäufungen in dicht zusammenstehenden oder an der Basis verwachsenen Blättern, z. B. bei *Bromeliaceen*, *Dipsacus laciniatus*, *Gentiana*-Arten, dienen derart. Wasserpflanzen entbehren daher der Schutzmittel gegen ankriechende Insecten; bei *Polygonum amphibium* z. B. bildet nur die Landform Drüsenhaare, weil sie ein solches Schutzmittel braucht oder vielmehr, weil Formen ohne diesen Schutz nicht aufkommen.

Ueber Klebstoff als Schutzmittel führt Kerner interessante Beispiele an. Bei *Robinia viscosa* sind nur an den kurzen Blüthenästchen bis an die erste Blüthe Colleteren, die Blätter und Blüthenstiele sind davon frei. Nach dem Blühen vertrocknet dieser Klebstoff. Die Beispiele sind zahlreich, wo nur Blüthenstiele drüsig-klebrig sind. Bei manchen *Primula*- und *Pinguicula*-Arten mit grundständigen Blättern sind nur letztere drüsenhaarig und bei manchen Pflanzen sind es nur die höherstehenden Laubblätter; öfters sind die Nebenblätter und besonders oft die Hüllblätter der Inflorescenzen, z. B. bei *Salix pentandra*, *Acer platanoides*, und der Hüllkelch vieler Compositen, oft ist nur der Kelch drüsig. Bei *Cuphea micropetala* ist es eine merkwürdige Reuse von Klebhaaren, die am Ende des Kelches sitzt und nur solchen anfliegenden Insecten (*Sphingiden*) den Nectar zu holen erlaubt, die es schwebend bewerkstelligen können. Doch wirken diese von Haaren, resp. Colleteren ausgeschiedenen Klebstoffe insbesondere gegen Insecten mit fester, harter Hülle (Chitin), während Schnecken darüber hinweggleiten. Gegen diese sind stachlig-borstige, abwärts gerichtete Emergenz- oder Trichomgebilde nöthig; ich möchte hinzufügen, auch die Blattrandzähne sind ihnen zuwider, sodass oft das Blatt dadurch geschützt ist, wodurch wir eine Erklärung der häufig gezähnten, gesägten Blattränder haben; auch herablaufende Blätter und scharfkantige oder geflügelte Stengel versehen oft diese Funktion. Uebrigens können wir knorpelige Blattränder auch nur derart erklären, dass sie den nächsten Angriff fressender Insecten erschweren.

Es gilt die Regel, dass je näher den Blüthen, desto mehr Schutzmittel auftreten, auch von den Stachelbildungen; oft sind die oberen Blätter stacheliger als die unteren und nicht selten sind nur die Kelche durch Stachelborsten geschützt; sind nun die unteren Stacheln des Kelches nach unten und die oberen nach oben gerichtet, wie es so häufig vorkommt, so betrachtet Kerner letztere als Wegweiser für anfliegende Insecten, zugleich bestimmt ihnen den Honigraub durch Einbruch zu verwehren.

Auch in den Blüten selbst finden sich zuweilen spitze Zahn- oder Stachelbildungen, die, weil sie gewissen Insecten nur einen Weg freilassen, den oft complicirten Mechanismus der Befruchtung ermöglichen. So sehen wir dies bei *Labiatis* und *Pedicularis* nicht selten; bei *Melampyrum pratense* sind an den Staubfäden Stachelchen, bei *Symphytum officinale* sind besondere, gezähnelte Schlundklappen in der Corolle, durch die nur bestimmt organisirte Insecten ohne Gefahr den Rüssel einstecken können, sodass dies gleichzeitig als Wegweiser für berufene, wie auch als Schutzmittel gegen unberufene Gäste dient.

Am häufigsten aber sind Haare in Blüten solche Schutzmittel und Wegweiser zugleich; es giebt reussenartige, gitterförmige und ähnliche Haarbildungen oder solche zerfaserte Nebenkronen dort; manche Haarbildungen in den Blüten haben aber den Zweck, dem ausfallenden Pollen eine bestimmte Richtung zu geben (*Pedicularis*, *Orobanche*) oder ihn bei proterandrischen Blumen eine Zeitlang festzuhalten, oder aber den Pollen aus der Antherenröhre auszubürsten, (bei *Compositen*); ferner sind Narben bekanntlich oft behaart, um Pollen abzufangen. Die häufigen, steifen, wiederhakigen Härchen an Grasspelzen dürfen wir vielleicht — ich stelle dies nur als Vermuthung auf — als Fangapparat für Windpollen ansehen und werden dann die Narben, wenn sie zur Anthese hervorwachsen, durch Vorüberstreifen befruchtet. —

Gitter und Reussen finden wir insbesondere an den Blumenblättern der *Labiatis*, *Scrophulariaceen*, *Verbenaceen* und *Asperifolien*. Bei *Passiflora* ist die ganze Blüthe meist eine doppelte oder dreifache Reusse. Bei vielen *Liliaceen*, *Gentianeen*, *Malvaceen* sind die Nectarien in der Corolle durch Zotten geschützt. Oftmals finden sich haarige Gitter- und Reussenbildungen an Staubfäden, z. B. bei *Physalis atriplicifolia*, *Vaccinium Oxycoccus*, *Campanula barbata*, *Cirsium spinosissimum*, manchmal auch am Griffel, z. B. bei *Monotropa*.

Während Gitter- und Reussenhaargebilde in der Corolle auch kurzrüssligen, kleinen Insecten überwindlich sind, können verworrene Polsterhaarbildungen in der Blume nur von stärkeren, langrüssligen Insecten durchdrungen werden; solche Trichompolster können sich ebenso an den Blumenblättern selbst als an Staub- und Fruchtblättern befinden; dies kommt häufig vor. Bei *Tulipa silvestris* ist an der Basis der Pollenblätter ein Nectarium von einem Haarpolster verdeckt; das honigsuchende Insect muss nun dieses Polster sowohl als auch die Schwere des Staubblattes überwinden können; denn letzteres muss etwas gehoben werden. Bei einer *Daphne*-Art ist der gestielte Fruchtknoten zottig und die darunter befindliche Honigansammlung dadurch geborgen. Bei *Vinca herbacea* sind an der Spitze der Staubblätter sowohl als des Griffels Harpinsel, die ineinandergreifen und so eine Art Gitter darstellen. *Centranthus* hat ein röhriges Nectarium, ebensolang als die Corollenröhre und mit ihr gleichlaufend; dieses ist innen ringsum dicht behaart. Ist zwischen derartigen verschiedenen Haarbildungen in der Corolle ein enger schmaler Gang, so betrachtet Kerner diesen als Wegweiser. Eine besondere Art Wegweiser sind sogenannte Brückenbildungen. Hier lassen hervorstehende Haargebilde oder Frausen nur einen schmalen Gang zwischen den Staubbeuteln und Narben; die Trichomanblaufung oder die nebenblumenkronartige Frausenbildung, Epiblasteme, sind dann so, dass kleinere anliegende Insecten darüber hinweglaufen müssen und infolge dessen Befruchtung vermitteln; *Campanula barbata*, *Tropaeolum*, *Gentiana ciliata* haben solche Brücken; auch die gefranzten Nectarien von *Parnassia* sind so aufzufassen. Oft bildet der Kelch solche Brücken, indem

er selbst passend zerschlitzt ist oder solche Haarbildungen besitzt, und zuweilen sind es Hochblätter, Hüllblätter, die als Befruchtungsbücke dienen, z. B. bei *Nigella damascena*, manchen *Centaurea* und *Rhinanthus*-Arten.

Ueber Nectarium-Deckel oder Ueberdachungen giebt Kerner einige neue Beispiele. Nur kräftige Insecten vermögen den Nectardeckel bei *Nigella sativa* zu heben oder bei *Cynoglossum*, *Soldanella* wegzuschieben; dagegen sind die Nectarien mancher maskirten Blumen, z. B. von *Corydalis*, *Fumaria*, *Linaria*, durch einen höckerartig vorspringenden Theil der Unterlippe, welcher die Corolle schliesst, geborgen. Einen Abschluss der Blüthe und Ueberdachung des Nectars bilden sehr oft die Antheren, indem sie sich gegenseitig decken. z. B. bei *Solaneen*, *Erica*, oder die Filamente decken sich, wie bei *Gladiolus*, *Hemerocallis*, oder dieselben bilden eine Wölbung über den Nectar, indem sie nur an der Basis verbreitert sind, z. B. bei *Campanula*-Arten, *Nicandra*, *Epilobien*. Ein solcher Abschluss des Nectar wird auch erzielt durch Anhäufung der Staubblätter, so namentlich bei *Cacteen*, manchen *Rosaceen* und *Ranunculaceen*. Bei gewissen *Clematis*-Arten sind Nectarien an der Basis von dort breiteren, sich gegenseitig deckenden Filamenten geschützt. Pfpfortartige Verschlüsse nennt Kerner solche, wo der in der Corolle befindliche, oberständige Fruchtknoten den darunter liegenden Honig verbirgt; Beispiele sind *Phygellus capensis*, *Tricytes pilosa*, *Hypocoum*-Arten, *Ophelia Wilfordii* etc.; bei vielen *Enzian*-Arten dagegen bildet eine breite Narbe einen solchen Verschluss.

Enge Canäle, nur zur Befruchtung durch langrüsslige Insecten angepasst, können sowohl vom Kelch als von freien Blumenblättern, nicht blos von verwachsenblättrigen Corollen gebildet werden; zuweilen geschieht dies auch durch leistenförmige Auswüchse, z. B. bei manchen *Linum*, *Lilium*- und *Geranium*-Arten; oft ist die Corolle nur an einer Stelle eingeschnürt oder sehr verschiedenartige Höcker, Wulstungen des Perianthium verengern den Eingang. Die spiralig gebogenen oder stark gekrümmten Nectariensporne bei *Aconitum*, *Aquilegia* u. s. w. sollen speciell den Insecten mit einrollbarem Rüssel angepasst sein. Manchmal sind die Auswüchse oder Bauchungen der Corolle Lagerstätten für ausgewachsene, reife Pollenkörner, die dadurch, dass das Insect das Hinderniss bei Seite schieben muss, auf den Rücken des Thieres fallen, wodurch Fremdbefruchtung vermittelt wird, z. B. bei *Scutellaria*. Bei *Bartsia* und *Rhinanthus* ist der Zugang dadurch verengert, dass die Unterlippe die eingerollte Knospelage beibehält. Bei *Calceolaria* ist ein Nectarium in der sackartigen Unterlippe auf einem eingekrümmten, schmalen Ende verborgen und gegen Insecten auch sonst gut geschützt; wenn aber eine grosse Hummel mit ihrem ganzen Gewicht die Wölbung dieses Sackes eindrückt, schnellt der Nectariumzipfel hervor, bei welcher Gelegenheit diesen proterogynen Blüten Fremdbestäubung vermittelt wird.

Wenn Corolle und verbreiterte Staubfäden zusammen verwachsen und dadurch eine Anzahl enger Canäle bilden, nennt dies Kerner Revolverblüthen; so bei *Convolvulus*- und einigen *Enzian*-Arten, ähnlich bei vielen *Caryophyllen* und *Cruciferen*, wo enganliegende Kelchblätter, langgenagelte Blumenblätter und Staubblätter sich vereinen, um nur für Rüsselinsecten enge Canäle offen zu lassen.

Bei *Chelone* und *Pentastemon* ist ein steriles Staubblatt schlagbaumartig über ein an einem andern Staubblatt befindliches Nectarium gestellt und schützt derart den Nectar. Bei vielen *Leguminosen* sind Staubblätter und Fruchtknoten

so dicht über dem Nectarium gedrängt, dass nur enge Canäle offen bleiben. Bei *Amaryllis* legt sich zu gleichem Zwecke eine Nebenblumenkrone den gedrängten Staubblättern und Fruchtknoten an.

Als Schutzmittel gegen Einbruch, Raub des gewitterten Nectar durch anfliegende Insecten, wenn er letzteren von oben her umständlich zu erreichen ist, führt Kerner auf: 1., stark aufgeblasene Kelche z. B. mancher *Sileneen*, wodurch die Distanz zum Nectar grösser ist, als der Hummelrüssel, 2., festes oder trockenhäutiges Gewebe des Kelches oder der Hüllblätter, 3., Anhäufung der Kelchbildungen; hier möchte ich 4., die merkwürdige Eigenschaft von *Phy-salis Alkekengi* anschliessen, deren Kelch äusserst bitter ist, während die inneren Blüthentheile und Frucht dies nicht sind.

Interessant ist Kerner's Beobachtung, dass viele *Sileneen* drei Nächte zum Blühen brauchen: in der ersten Nacht entwickeln und entleeren sich die Antheren der fünf vor den Kelchblättern stehenden Staubblätter, in der zweiten Nacht die fünf vor den Blumenblättern stehenden und in der dritten Nacht entrollen sich erst die Narben, die nun auf Fremdbestäubung warten müssen. Die ungleichzeitige Entwicklung der Antheren, die bei hoch organisirten Insectenblüthen, z. B. *Papilionaceen*, *Labiaten*, in Verbindung mit Dichogamie häufig ist, müssen wir als Schutzmittel insofern ansehen, weil bei seltenem Insectenbesuch die Befruchtung dennoch infolge Verlängerung der Blüthendauer stattfindet. — Bei *Hesperis tristis*, die mit Eintritt der Dunkelheit erst Geruch entwickelt, sind wie H. Müller zeigt, die kürzeren Staubfäden nur für Insectenbefruchtung, die längeren nur für Selbstbefruchtung angepasst. Der Insectenrüssel, von dem im Grunde befindlichen Nectar angefeuchtet, streift beim Zurückziehen die Antheren der kurzen Staubblätter. Da indess Insecten nicht selten ausbleiben, ist Selbstbefruchtung nöthig und sie findet dann regelmässig statt, indem der Griffel wächst und dadurch seine Narben an die Pollen der längeren Staubblätter bringt. So haben wir wenigstens einen Anhalt, wie die didynamischen Staubblätter der *Cruciferen* als passendster Erhaltungszustand sich entwickelten, wenngleich jetzt diese Eigenschaft oft vererbt zwecklos sein mag.

Zum Schluss möchte ich noch eine Eigenschaft mancher Pflanzen erwähnen, die bisher betreff des Nutzens, den sie der Pflanze gewährt, noch nicht erklärt ist. Es ist dies der Farbenwechsel während der Blüthendauer. Sollte dies eine Anpassung an verschiedene Insecten zugleich, an solche, die zu verschiedenen Tages- und Nachtzeiten fliegen, sein? Ich führe einige Beispiele an; bei den meisten vollendet sich der Farbenwechsel täglich oder binnen 36—48 Stunden. Dieselbe Eigenschaft ist bei *Medicago falcata-sativa* aus der Hybridität erklärbar und zwecklos, bei den folgenden vermuthlich aber nicht; ich stelle die Farben nach der Zeitfolge ihrer Erscheinung:

*Orobus vernus*: purpurn, blau, blaugrün.

*Quisqualis indica*: weiss, blassroth, purpurn, braunroth.

*Lantana Camara*: die Blüthen des Ebenstrausesses entwickeln sich ungleichzeitig; daher ist letzterer stets reich an verschiedenen Farben zugleich; die drei häufigsten Formen sind: a) weiss mit dunkelgelber Mitte, zuletzt lilla mit gelber Mitte, b) hellgelb mit dunkelgelber Mitte; ziegelroth mit oranger Mitte; c) dunkelgelb, zuletzt rothorange, wobei die gelbe Mitte nicht auffällt.

*Desmodium*: dessen zahlreiche Arten sind ungewein mannichfaltig im Farbenwechsel; um alle Farben dieser Gattung zu beschreiben, müsste man erst eine neue Nomenclatur über Farben aufstellen.

*Hibiscus nutabilis*: weiss, gelblich, roth.

*Asperifolien*, z. B. *Echium*, *Anchusa*: roth, violett, blau; aber *Myosotis versicolor*: gelb, bläulich, dunkelblau; merkwürdigerweise ohne grüne Uebergangsstufe.

*Gardenia*: weiss, gelb.

*Acanthaceen* (wenige, deren Species ich noch nicht bestimmte): grün, blau.

*Aster*-Arten, einige: gelb, roth.

Bei *Symphytum officinale* scheint sich dem localen Vorkommen oder Fehlen gewisser Insecten parallel der ursprüngliche Farbenwechsel in local getrennte und constante Farben geschieden zu haben, ähnlich wie die bunte Blume von *Viola tricolor*. Auch die merkwürdige Eigenschaft von *Fumaria capreolata* var. *pallidiflora*, wo die Blume bis zur Befruchtung bleichweiss ist und sich erst nachher roth färbt, harrt noch genügender Erklärung. Sollte diese spätere Färbung für die Verbreitung nützlich sein, indem dadurch kleine Thiere angelockt werden, welche die sonst fest am Stiel haftenden Samen loslösen oder von der Corolle befreien? Bekanntlich sind bei den bleichblüthigen *Fumarien* nur die samenlosen Enden der Corolle roth gefärbt, sodass, wenn z. B. ein Vogel darnach pickt, das Nüsschen selbst nicht zerstört, vielleicht aber der Same befreit und ausgestreut wird. Es ist dies indess nur eine Vermuthung, die zur Beobachtung anregen soll. —

Wir sehen, dass die meisten Eigenschaften der Pflanzen, äusserst zweckdienlich eingerichtet, den verschiedenartigsten Nutzen gewähren, sodass wir zur steten Bewunderung hingerissen werden. Wir sind indess nicht im Stande, alle Einrichtungen der Pflanzen teleologisch zu erklären oder gar sie als passend zu preisen, was wiederum die Annahme einer willkürlichen, periodischen Schöpfung ausschliesst; wir verstehen viele zwecklose Eigenschaften der Organismen nur als einen vererbten unschädlichen Erhaltungszustand früherer nützlicher Anpassungen. Wir dürfen daher die zweckdienlichen Einrichtungen der Natur nur als Resultate einer allmäligen Entwicklung auffassen, als eine Bekräftigung der Selectionstheorie, die das Ueberleben des Passendsten lehrt. Doch möchte ich nochmals betonen, wechselseitige Adaptationen sind nur als so entstanden aufzufassen, dass von zahlreichen Abänderungen, die aus uns meist noch unbekanntem Ursachen hervorgingen, nur die passendsten erhalten blieben; nie war dagegen ein Insect die directe Veranlassung, dass sich die dazu passende Blume bildete. Nur weil wechselseitig zu einander passende Formen des Thier- und Pflanzenreiches oder die gegen Thierfrass und Wetter am besten geschützten und zur Verbreitung geeignetesten Pflanzen sich erhalten und fast allein fortpflanzen, sehen wir Adaptationen, Accommodationen, so häufig.

Immer besser lernen wir die Natur verstehen, je mehr wir sie ihrer allmäligen Entwicklung gemäss zu erforschen suchen.

II.

---

**Das salzfreie Urmeer.**

Studien

über

**Phytogeogenesis**

von

**Otto Kuntze.**

Verschiedene botanische Erscheinungen führten mich zur Annahme eines salzfreien Urmeeres. Es sind z. B. solche tropischen Pflanzengestalten, welche ich, sie als halb-vorweltlich auffassend, Riesenstauden und Krautbäume nannte, Lagunen- oder Sumpfpflanzen oder zeigen Eigenschaften von Lagunenpflanzen, wie z. B. Feigen und Pandanen mit mangrove-gleichen Luftwurzeln oder mit horizontal weitausgedehntem Wurzelgewebe, das an die schwimmenden grossen Steinkohlenpflanzen erinnert, oder sie haben wie *Bananen* fast keine Schutzmittel gegen Thiere und Wetter, worin sie Wasserpflanzen gleichen, die ja die wenigsten Schutzmittel besitzen. Wasserpflanzen aber müssen wir, da sie wegen noch unentwickelter Schutzmittel als primitivste Formen aufzufassen sind, als die Vorfahren der übrigen Pflanzen betrachten. Die niederen Phanerogamen, die Gymnospermen und Monocotylen haben solche unschädlich ererbte Eigenschaften, welche nur von Wasserpflanzen stammen können, z. B. die schmalen parallelnervigen Blätter und die stets fehlende Hauptwurzel. Durch meine vielen Seereisen zu der Ueberzeugung gelangt, dass das Meer verhältnissmässig fast keine Vegetation hat, dass dessen Salzgehalt im Allgemeinen auf die Vegetation vernichtend einwirkt, fand ich hierdurch eine Erklärung dafür, dass die Wasserpflanzen der Vorwelt verschwunden sind, weil sie durch das allmählig salzig werdende Meer aussterben mussten.

Bei Besprechung der Verbreitungsmittel der Pflanzen (siehe Seite 12) wies ich darauf hin, dass die im Allgemeinen gleichmässige Verbreitung von Pflanzenfamilien über alle Erdtheile bisher noch ungenügend erklärt werde, dies aber durch eine frühere, reiche Süssmeervegetation leichter sei. Durch ein salzfreies Urmeer erklärt sich auch eine allmähliche Entwicklung von höheren Pflanzen aus den niedersten Algen im Wasser selbst, die doch derart stattgefunden haben muss, da die Verwitterungsproducte, in denen Landpflanzen sich ernähren und festhalten konnten, sich erst im Laufe von Jahrmillionen bildeten; es führt zur Annahme einer unendlichen Reihe aus Mangel an Schutzmitteln untergegangener Formen von Wasserpflanzen, die vom darwinistischen Standpunkt der Entwicklungslehre nicht entbehrlich sind, und es erklärt diese Annahme zugleich, dass früher Conchylien, die hauptsächlich von diesen Wasserpflanzen lebten, die sonst keine Nahrung gehabt hätten, so unendlich zahlreich waren, dass sie uns als Muschelkalk gebirgsweise erhalten sind; eine Thatsache, für die wir sonst keinerlei Erklärung hätten. Denn das heutige salzige Meer ist keineswegs so conchylienreich — weil der jetzige tiefe Ozean infolge des Salzgehaltes völlig pflanzenleer ist — als sich Binnenländer meist vorstellen. Nur Austernbänke erinnern entfernt an den früheren Reichthum schneckenähnlicher Thiere, die zur Bildung von Muschelgebirgen existirt haben müssen. Während aber in unsren Meeren nur die flachen Stellen etwas Vegetation be-

sitzen, wovon und worauf Thiere häufiger leben können, lehren uns doch die Muschelgebirge, dass ein unendlich reicheres Leben früher im Meer selbst geherrscht haben muss, da es absurd ist, sich etwa die Unzahl petreficirter Muscheln, welche sich oft von einer Art (Leitfossilien) und von beträchtlicher Grösse gesellig finden, als im Meer zugeschwemmt zu denken. Ausserdem müssen wir annehmen, dass den ein Kalkgehäuse als Schutzmittel gegen die Angriffe anderer Thiere tragenden Weichthieren eine Reihe schneckenartiger Thiere ohne dies Schutzmittel vorangegangen sein müssen, weil sich doch alle Organismen aus den einfachsten Formen entwickelten, welche in der Hauptsache von Pflanzen gelebt haben dürften; was wiederum eine reiche, ursprünglich schwimmende, grüne Meeresvegetation erfordert. Allerdings lässt sich annehmen, dass die ersten Organismen, die Protisten, unter sich gewüthet haben, dass namentlich die schutzlosen Weichthiere für unzählbare Jahre die vorherrschende Nahrung für grössere Thiere waren, so lange, bis erstere seltener wurden, wonach die durch Korkstoff geschützten Pflanzen das vorherrschende Nahrungsmittel für Seethiere wurden, wie denn die heutigen Mollusken vorherrschend Pflanzenfresser sind.

Ich habe betont, dass Schutzmittel der Pflanzen gegen Thiere in der Regel auch Schutzmittel gegen Witterungsunst sind und damit hängt wiederum (insbesondere durch entwickelten Holzstoff und Korkstoff — zwei der wichtigsten und häufigsten Schutzmittel) die Fähigkeit, sich petrefactisch zu erhalten, zusammen, sodass die Pflanzen der frühesten Epochen, weil sie noch keine oder gering entwickelte Schutzmittel gegen Thiere hatten, uns auch nicht petrefactisch überliefert wurden.

Dies totale Verschwinden ganzer Reihen von Pflanzenfamilien oder Gattungen erscheint vielleicht noch manchem Naturforscher als ein schwacher Punkt der Darwin'schen Lehren. Man muss indess, wie ich, gesehen haben, wie schwierig sich — ausser etwa durch schnell sich entwickelnde Kalkincrustationen, die uns übrigens von niedren Pflanzen auch nur lederartige Tange überlieferten — Petrefacten erhalten. Ich sah im Tenger- und Willis-Gebirge Java's in Höhe von 5—9000' auf steilsten Berggraten und über erloschenen Kratern und Lavafeldern eine sandig-schlammige Erdschicht von 20—30' Tiefe, ohne die geringsten Spuren von Petrefacten. Diese Erdschicht muss marinen Ursprunges sein, denn durch Verwitterung dürfen wir sie uns nicht entstanden denken, da alle Uebergangszustände zum unterliegenden Felsen fehlen; auch kann sie nicht wie in Westjava durch sogenannte Schlammvulkane hervorgebracht sein; denn, abgesehen, dass ihr Rollstein- und Bimssteinbeimischungen mangeln, lagert diese Erdschicht auf den steilsten Berggraten hoch auf. Ist sie aber marinen Ursprunges, so müssen die feuerflüssigen Vulkanausbrüche vor jener Ablagerung stattgefunden haben und zwar, als diese Feuerberge über dem Wasser sich befanden; denn die Lava lagert stellenweise unter diesen ursprünglichen Meeresboden und feuerflüssige Eruptivgesteine werden zu Bimsstein, wenn sie sich ins Wasser ergiessen. — Letztere Thatsache scheint von Naturforschern noch wenig beachtet zu sein; ich citire daher aus Stein's (Wappaeus) gr. geogr. Handbuch, was dort über den Ausbruch des Vulkan Sumbawa vom Jahre 1815 gesagt ist: „Die Lava bedeckte glühend die ganze Bergmasse; der Bimsstein das ganze Meer um die Insel.“ Uebrigens wird Bimsstein auch in rheinischen Hochöfen künstlich fabricirt, indem man feuerflüssige Schlacken in Wasser fliessen lässt. Bimsstein ist nicht etwa der Lava aufschwimmend, gewissermaassen der Schaum derselben. Er

findet sich nie als Lavaström und nie auf dem Festlande, ausser infolge und mit Tufferuptionen, bei Schlammvulkanausbrüchen. Seine ursprüngliche, normale Lagerstelle auf dem Meer bleibt infolge der Wasserbewegung selten erhalten; die vom Meer zerstreuten Stücken werden in den Brandungen bald zerrieben; in Hinterindien findet man fast überall an Küsten Bimsteinstückchen; trotz vieler Seereisen, auf denen ich viele Vulkane am Meeresstrand beobachtete, sah ich nur im rothen Meer mehrere kleine Inseln, die von Bimstein dicht umsäumt waren. Nur wenn Lava sich in einen Gebirgssee ergoss oder durch locale vulkanische Erhebungen des bimsteinbesetzten Strandes konnte Bimstein uns lagerweise erhalten bleiben. Wo Muschel- oder Korallenkalk durch Lava zu Marmor metamorphisirt ist, kann es nur geschehen sein, wenn Korallenbänke vor Lavacontact bereits über Wasser erhoben waren (Insel Barbados).

Daraus resultirt nun 1), dass diese javanischen Vulkane unter Meer versanken und, mit Erde bedeckt, sich unendlich langsam wieder um etwa 9000' über das Meer erhoben und 2), dass selbst der in Ostjava nur geringe Regen und Thau, also der sickernde Wassertropfen im Stande war, alle beigemischten Muscheln und Algen im gehobenen Lande zu zerstören. Als nun diese Erdschichten sich in die wasserlosen, höheren Luftschichten Ostjava's, wo australische Steppenwinde austrocknen, erhoben, blieb ihr Zustand auf steilen Berggraten erhalten. — Um ein ähnliches Auflagern von Erde auf Berggraten, das ohne vulkanischen Schlammausbruch und ohne Entstehung der Erde als Verwitterungsprodukt an den betreffenden Orten selbst zu erklären ist, aufzuführen, erwähne ich noch das Auflagern von Erdschichten auf manchen Bergen der Rocky mountains, nördlich vom Utah-See, zwischen Taylor Bridge und Virginia City. Dort sind verschiedene Berge unbewachsen, besitzen liniengrade, scharfe Kämme mit ziemlich steilen, aber vollständig ebenen, mit Erde bedeckten Abdachungsflächen; die Ausläufer sind am Ende, gewissermassen an der Giebelseite, ebenfalls glatt und schräg coupirt. Diese Kämme und Bergabhänge lassen nur Erde, nicht Felsen sehen; man glaubt, geometrische Figuren vor sich zu haben, so regelmässig ist alles. Dies konnte nur entstehen, indem das Meereswasser langsam gleichmässig bei der Hebung sich zurückzog und konnte sich nur erhalten, weil jene Districte regenlos sind. Man darf wohl folgern, dass ein grosser Theil der Rocky mountains seit jener Zeit unbewaldet gewesen ist; denn wo Wald auf Bergkämmen war, können sich nicht so ebene und scharflinige Contouren erhalten. Doch ist solche Regelmässigkeit anderseits unbekannt. —

Das Zerstören der Muschelschalen in gehobenem, feuchtem Meeresgrund kann man sehr bequem an der langgestreckten Nordostküste Java's, die sich jetzt stetig hebt, beobachten: nahe dem Meere sind selbst die dünnen Muschelschalen noch in der Erde zu sehen, etwas entfernter nur noch die dicken Austerschalen. Der langsam wirkende, sickernde Wassertropfen\*) in der Erde unter Mitwirkung von Luft wird in seiner zerstörenden Eigenschaft oft unterschätzt. Anders verhält es sich, wenn thonige Schlammauflagerungen die

\*) Auch andere Wissenschaften mögen die zersetzende Kraft des in der Erde sickern den Wassertropfens mehr berücksichtigen. Es kann sich z. B. kein metallisches Eisen in feuchter Erde erhalten; deshalb findet es sich auch nicht mineralisch gediegen, höchstens als Meteoreisen. Die Bronze aber widersteht der Feuchtigkeit der Erde besser als Eisen; dennoch glauben viele Anthropologen, dass die Bronzezeit der Eisenzeit vorangeht, was ja höchst unwahrscheinlich ist, da metallisches Eisen leicht von Naturvölkern, Bronze aber nur schwierig mit schon vorhandenen Metallinstrumenten erzeugt und bearbeitet werden kann.

Luft abschliessen, dann bleibt der Kohlenstoff der Pflanze erhalten; auch hierbei sind Pflanzen mit Spaltöffnungen, die sich im Schlamm zuerst verstopfen, weil sie ausserdem mit wasserdichter und luftdichter, aus Korkstoff bestehender, wenn auch zarter Cuticula bedeckt sind, mehr begünstigt, sich petrefactisch zu erhalten als niedere, spaltöffnungslose, korkstofffreie Cryptogamen, namentlich Algen und Pilze.

Doch bilden von Cryptogamen einige Moose und die meisten Farne eine Ausnahme, weil sie selbst aus einem korkstoffähnlichen, noch näher zu prüfenden Stoff bestehen, der gegen Wasser wenig empfindlich ist, wie ich früher gezeigt habe (siehe Seite 50). Es erklärt uns dies die leichtere Entstehung aller Steinkohlenlager, die aus Farnen, resp. Gefässcryptogamen bestehen, ferner der aus Sphagnum gebildeten Torflager, während wir uns die meisten schwimmenden Pflanzen des Urmeers vor der Steinkohlenperiode noch fast ohne dies Schutzmittel der korkstoffartigen Substanz, das, wie ich zeigte, auch gegen Thiere schützt, denken müssen, sodass diese ersten Pflanzen sich uns auch nicht petrefactisch überliefern konnten.

Wie mich Prof. Credner belehrte, findet sich über Kohlen häufig anstatt Thon eine stärkere Schicht feinen Sandes. Es scheint demnach, dass diese Schichten sich einander betreffs Petrefactenerhaltung ersetzen oder ergänzen. Jedenfalls bewahren Thonschichten die Petrefacten viel leichter als eine noch so dicke Schicht feinsten Sandes, wie uns besonders die Sandsteine zeigen, die, je mehr sie thonig oder kalkiges Bindemittel enthalten, um so reicher an Petrefacten sind. Da sich über den feinen Sandschichten der Kohlen meist wieder Thonschichten finden, kann man erstere auch als zur Erhaltung der Kohle gleichgültig auffassen.

Ausser Kalkinerustationen und -Einlagerungen und kohligter Petrefaction unter Thon-Lehm-Abchluss giebt es vornehmlich noch Versteinerungen in Kieselsäure. — Ich muss der verbreiteten Ansicht widersprechen, dass sich Versteinerungen durch Kieselsäurehydrat in der Erde oder im Wasser gebildet haben. Darwin nimmt z. B. an, dass versteinerte Wälder durch Sinken des Bodens unter Wasser entstanden seien; doch der Entstehungsprocess verkieiselter Pflanzen, den ich an den Geysirs des U. St. National-Park im Yellowstone-River-Gebiet beobachten konnte, ist ein anderer. Nie erhärtet dort die gallertartige Kieselsäure, welche sich am Sphagnum gemäss der Graham'schen Diffusionsgesetze über colloide Flüssigkeiten in grossen Mengen äusserlich absondert also an Wassermoosen, die dort an Orten wachsen, wo Geysirwasser zufliesst, oder welche sich in's Holz, das in kieselhaltiges Geysirwasser gefallen oder geworfen war, reichlich einlagert, zu Versteinerungen; die organische Substanz der Pflanzen vergeht eher als die Kieselgallerte erhärtet und das anfangs den Pflanzenformen angepasste Kieselsäurehydrat zerfällt später zu amorphem Kieselsand. Wohl aber entstehen verkieiselte Baumstämme über der Erde, wenn solch heisses Kieselwasser in einen Wald gelangt. Dies geschieht infolge der zeitweise nach verschiedenen Richtungen wechselnden Wasserabflüsse aus den Bassins, die sich die Geysirs hügelartig durch Sinterung selbst bilden; es fliesst nämlich das Geysirwasser meist einseitig aus den Bassins nach jedem intermittirenden Wasserausbruch\*) ab; ist das eine

\*) Die Intermittenz der Geysirs ist gesetzmässig; bei manchen könnte man geradezu die Uhr darnach stellen; so wirft der Faithfull z. B. alle 58 Minuten; vor 6 Jahren soll er genau alle 61 Minuten geworfen haben; andre werfen ganz unab-

Reihe von Jahren geschehen, so hat sich der Bassinrand an dieser Seite etwas erhöht und dann fließt das Wasser wieder jahrelang nach einer andern Seite ab: dadurch erhöht sich nach und nach das Bassin von selbst und gelangt zuweilen das derart anders abgeleitete Wasser in den nahen Wald. Dann fallen schon wegen der Hitze des Wassers, welche die Wurzeln tötet, die Blätter und die gesammte Rinde, sowie die meisten Zweige der Bäume ab; die Stämme aber bleiben stehen, die kieselartige Flüssigkeit steigt capillarisch nach und nach auf, wobei sich Verdunstung des Wassers, das Verwesens des Holzes (das ursprünglich harte Holz wird vorübergehend mürbe und verbleicht) und Festwerden der Kieselgallerte die Wage hält. Verkieselte Bäume sind also nicht in der Erde, sondern über der Erde entstanden; erst nachdem sie, bereits erhärtet, durch Bodensenkung und fremde Erdaufschwemmung später vergraben wurden, findet man sie zuweilen aufrecht stehend petrefactisch. — Was indess von verkieselten Wäldern neuerdings oft phantastisch erzählt wird, bedarf noch sehr der Bestätigung. Ich lernte einige kennen, die nur aus durch Anschwemmung gebildeten Anhäufungen von Stämmen bestanden.

Uebrigens wäre es kaum erklärlich, wie lebende Bäume und noch dazu solche ohne Pfahl- oder Hauptwurzeln, denn Dicotylen lieferten keine versteinerten Hölzer, beim Versinken des Bodens, beim Hereinbrechen der Wässer sich aufrechtstehend sollten erhalten haben. Das Wasser warf sie dabei stets um; sie schwammen auf ihm so lange, bis sie, eine Zeit lang durch mechanische Hindernisse darin festgehalten, genügend Feuchtigkeit in sich aufgenommen, um dann erst versinken zu können, wobei nur zufällig einmal eine aufrechte Stellung unter Wasser im Schlamm stattfinden konnte. Dagegen konnten durch Kiesel über der Erde schwer gewordene Stämme mit Wurzeln auch aufrecht versinken, selbst sich aufrecht in gelinden Wasserfluthen erhalten.

Wo aufrecht stehende Kieselbäume sind, muss man auch Opale und die Kieselkrater der Geysirs finden: übrigens verstopfen sich letztere schliesslich von selbst und das überhitzte Wasser des Erdinnern muss sich neue Bahnen brechen, weshalb man neben thätigen Geysirs stets eine Anzahl erloschene findet.

Aber wo Kieselkratere sind, brauchen nicht immer verkieselte Bäume zu sein; z. B. in der Steinkohlenperiode gab es nach meiner Behauptung noch keine Landbäume, mithin kann es aus dieser Zeit auch noch keine verkieselten Bäume geben, trotzdem in jener Zeit die Geysirs viel häufiger gewesen sein müssen. In der That finden wir die ersten versteinerten Stämme, und zwar Araucarien, z. B. bei Chemnitz (ebenso die ersten verkieselten Farnfrüchte bei St. Etienne) erst in Dyas; es ist dies eine wechselseitige Bestätigung meiner neuen Erklärungen: 1), dass verkieselte Bäume sich nicht im Wasser bilden, 2), dass die Steinkohlenpflanzen Wasserpflanzen waren und 3), weil alle Verwandte der carbonischen Pflanzen, wie Gefässcryptogamen, namentlich Farne, ferner Coniferen, nie im Salzwasser wachsen, dass das Steinkohlen- Meer deshalb salzfrei sein musste.

hängig von ihrem nahen Beisammensein, z. B. genau aller 3, 15 oder 40 Minuten, aller 1, 4, 5, 11, 24 oder 30 Stunden oder aller 2 Tage und manche wahrscheinlich aller 2 Wochen etc. Ebenso ist die Eruptionsdauer des kochenden Wassers für jeden einzelnen Geysir stets gleich lang, z. B. 1, 10, 15, 30 Minuten, selten länger; doch können wiederum 2 Geysirs fast nebeneinander liegen und die verschiedenste Ausbruchsdauer neben verschiedenster Ruhezeit besitzen, die beide für jeden einzelnen Geysir constant sind; ja mehrere so verschiedene Geysirs können sogar eine gemeinschaftliche obere Ausmündung haben, so z. B. ein Fall bei den mit Solfataren und warmen Quellen gemischten Geysirs Neuseelands (deren grösster bis 60' hoch wirft, während einer des Yellowstonegebietes bis 200' steigt).

Oder sollte es ausser dieser zweifellosen Entstehung von verkieselten Bäumen über Wasser noch eine andre Bildung im Wasser selbst geben? Dass manche Hölzer, z. B. Eichen, im Wasser stetig härter werden, weist allerdings darauf hin; doch fehlt noch jede factische Bestätigung dieser bisher üblichen Hypothese.

Organismen, die lebend Kieselsäure einlagern, wie gewisse Meeresschwämme, Equiseten, resp. Calamiten, Bambusen, können sich infolge dieses Schutzmittels gegen Thiere auch besonders leicht petrefactisch erhalten. — Quarzpetrefacten bestehen in der Hauptsache aus amorpher Kieselsäure, d. h. aus Kieselsäurehydrat, wahrscheinlich  $H_4SiO_4$ ; sie können sich also nie in der Erde gebildet haben, weil Kieselgallerte nicht in feuchter Erde fest wird, sonst müssten sie nur aus Kieselsäureanhydrit  $SiO_2$  bestehen. Nun zeigt aber die optische Analyse im verkieselten Holz Quarzkrystalle, die durch amorphe Kieselsäure verbunden sind; das beweist uns, dass aus dem capillarisch aufsteigenden Wasser zugleich Krystalle sich ausschieden. Sogenannter Holzopal zeigt infolge dessen viel weniger Wassergehalt als gemeiner Opal; beide entstehen neben einander; während aber das aufsteigende Kieselwasser im Baum langsamer verdunstet und deshalb mehr Krystalle ausscheidet, sehen wir den Prozess beim Entstehen des Opals anders; er setzt sich auch aus kieselhaltigem Wasser ab, doch nicht unter Wasser; es geschieht dies derart, dass von temporär abfliessendem und überfliessendem Geysirwasser an Steinen etwas haften bleibt und in der Pause, wo kein Wasser überfließt, verdunstet. — Abdrücke in Kieselhydrat erklären sich dadurch, dass die Sedimente mit incrustirten Pflanzen über Wasser erhoben wurden, oder ein Bassin, nachdem es sich selbst verstopft, mit Moosen bewachsen austrocknete, wobei die Pflanzen verwesten, während das Kieselhydrat erhärten konnte. Im Yellowstone-Gebiet fehlen solche Abdrücke ganz, sind aber am isländischen Geysir und bei Paris gefunden worden.

In den Rocky Mountains finden sich zuweilen versteinerte Stämme, die innen hohl sind. Dies ist dadurch zu erklären, dass infolge der nöthigen Verdunstung das Kieselwasser zunächst den äusseren Theil der Bäume silicificirt; fällt nun ein solcher Baum vorzeitig um, so verfault dann der innere Theil.

Am Geysir auf Island scheinen etwas andre Verhältnisse stattzufinden, weil Meereswasser zu seiner Bildung Veranlassung giebt, wie der dortige Gehalt von Natriumsalzen beweist, der dagegen in den nur durch Süßwasser veranlassten Geysirs des Yellowstonegebietes fehlt. Es könnte daraus ein stärkerer Gehalt an gelöster Kieselsäure resultiren; denn das Chlornatrium, wie ich später zeigen werde, zersetzt sich in Vulkanen zu Natron und Salzsäure. Ersteres löst Felsen leichter zu Wasserglas auf, welches durch die Säure wieder zersetzt wird, wobei Kieselsäure in Lösung bleibt, aber nicht als Gallerte ausgeschieden wird, weil die Lösung nicht concentrirt genug ist\*). Wenn aber Kieselsäurehydrat in stärkerem Grade in Lösung ist, so ist es wahrscheinlich, wie uns einige Gesteine, z. B. Quarzite der Braunkohlenformation, beweisen, dass angeschwemmter Kieselsand dadurch cementirt wird; es giebt zwischen  $SiO_2$  und  $H_4SiO_4$  jedenfalls — man darf dies aus Analogien verwandter Säuren schliessen — alle denkbaren, aber noch nicht erforschten Mittelverbindungen, die dies verursachen können. Wenn sich nun colloide Kieselsäure infolge Dialyse an

\*) Betreff Bildung der Geysirs verweise ich auf einen Aufsatz, den ich hehufs Beschreibung eines japanischen Geysir in den Berichten der deutschen ostasiatischen Gesellschaft, Yeddo 1875, publicirte.

der Aussenseite von Wasserpflanzen, z. B. von Sphagnum, — wie erwähnt — viel ansammelt, auf dem Wasser mit andren Pflanzenresten schwimmt, einen Theil des chemisch gebundenen Wassers an der Luft verliert, wahrscheinlich zu  $H_2SiO_3$  wird, dadurch schwerer wird, untersinkt und nun im Wasser noch Kieselsäure wie im isländischen Geysir reichlicher gelöst ist, sodass sie cementsirend wirken kann, bevor die Pflanzensubstanz verwest ist, so ist es erklärlich, dass wir dort Pflanzenabdrücke finden, während sie im Yellowstonegebiet fehlen.

Der mir gelegentlich meines Vortrages über Pflanzenschutzmittel von Al. Braun gemachte Einwand, dass sich Kochsalz zugleich mit Wasser niedergeschlagen haben könnte — so denken sich wohl auch noch viele Geologen ein salziges Urmeer entstanden —, kann dadurch widerlegt werden, dass Kochsalz erst bei Weissglühhitze gasförmig wird und bei einer Temperatur erstarrt, wo Silicate kaum feuerflüssig sind, während Wasser dagegen bei einer solchen Hitze chemisch nicht bestehen kann; Wasser condensirt sich erst unter  $100^{\circ} C$ . Zwischen Weissglühhitze und  $100^{\circ}$  unserer Planetenoberfläche aber müssen Millionen oder Milliarden Jahre vergangen sein. Indess es ist höchst unwahrscheinlich, dass Kochsalz sich überhaupt als solches aus gasförmiger Gestalt niedergeschlagen habe; denn abgesehen von chemischen Gründen und von Erfahrungen der geologischen Mikroskopie, die ich später erörtern werde, findet es sich nie in besondern Beständen als gasogenes Erstarrungs-Product in wasserdichten Urgesteinen, mit denen es sich vielleicht aus glühender Atmosphäre, aus muthmaasslichen Wasserstoffverbindungen krystallisirt ausgeschieden haben könnte. Wir finden es zwar in Urgesteinen, aber nur in mikroskopisch kleinen Mengen fest eingeschlossen und gänzlich unauslaugbar.

Die Ansicht, dass ursprünglich über dem glühenden Planetenkern die chemischen Elemente unsrer Erdkruste einst an Wasserstoff gebunden gasförmig existirten, ist eine Hypothese, die den neueren chemischen Anschauungen und den Erfahrungen der astronomischen Spectralanalyse noch am besten entspricht. Nimmt man an, dass einmal jeder Stern die Phase des glühendgasförmigen Zustandes durchgemacht habe, so sind es nur die in neuerer Zeit immer mehr entdeckten Wasserstoffverbindungen der Metalle, an die wir Folgerungen knüpfen dürfen, weil sie, soweit unser Wissen reicht, nicht blos die leichtest herzustellenden, sondern meist auch die alleinigen gasförmigen Metallverbindungen sind; wenn wir dieselben noch nicht alle kennen, so liegt dies daran, dass wir bei so enormen Hitzgraden, wie sie früher existirt haben, weder chemisch-physikalische Versuche anstellen, noch dabei beobachten können.

Mir ist zum wenigsten die Ablagerung der primitiven Feldspatigesteine, des Granites, des Gneisses etc. und des Urkalkes aus überhitzten Wässern undenkbar; denn erstens existirt überhaupt nicht im Entferntesten soviel Wasser, um die schwer löslichen — wenn überhaupt löslichen — Silicate aufzulösen, und zweitens wüsste ich nicht, wodurch man die Ueberhitzung der Wasser, die möglicherweise eine starke Lösungsfähigkeit bedingen könnte — dies ist übrigens eine durch Experiment zu widerlegende Hypothese — erklären wollte. Es ist ja richtig, dass man Wasser im Papin'schen Topf glühend machen kann, aber es ist ebenso richtig, dass es sich, wenn der hierzu nöthige Druck nicht vorhanden ist, wenn es z. B. durch glühendes Eisen geleitet wird, chemisch zersetzt, indem Wasserstoff frei wird und sich Eisenoxyd bildet, wie denn überhaupt Wasser ebenso gut wie Kochsalz meist in Glühhitze, z. B. wenn mit feuchtem Sand geglüht, in seine Elemente zerfällt.

Die Hypothese, dass eine besondere vulkanische Erstarrungskruste die Erde jemals bedeckt habe, auf der sich die Feldspathgesteine als Sedimente niederlagerten, ist unwahrscheinlich, weil man von jener Kruste noch nicht eine Spur gefunden; sie wird nur theoretisch angenommen, weil man sie zur neptunischen Entstehung der Granite etc. braucht. Dass überhitzte Wasser nicht auf einer noch heisseren Gesteinskruste existirt haben konnten, werde ich nun zu beweisen suchen. Von aussen her kann ein solches theoretisches Urgesteinsmeer keinen Druck gehabt haben; es kann also auch nicht überhitzt gewesen sein und die Silicate und Kalke nicht stärker gelöst enthalten haben als jetzige Gewässer. Gase haben das Bestreben, sich allseitig auszudehnen und üben keinen grösseren Druck aus, als den, den die Anziehungskraft der Erde bedingt; letztere wirkt aber auch auf das Wasser gleich stark, sodass nur ein Verdrängen der verschiedenen schweren Substanzen nach dem specifischen Gewicht, eine Anordnung der schwereren Substanzen nach dem Erdcentrum zu stattfindet. Luft, weil sie leichter ist, kann Wasser nicht einmal verdrängen, geschweige denn pressen; Gase können überhaupt durch eigenen Druck aus sich selbst, indem sie einem glühenden, festen Körper auflagern, keine überhitzte Flüssigkeit veranlassen; eine solche kann nur durch Einschluss in einem im Verhältniss zur Expansionskraft derselben festen Körper sich bilden.

Stelle man sich nur die Sache klar vor: wären die Gesteine einmal alle im heissen Wasser gelöst gewesen, so konnte über diesem Meer doch nur eine Atmosphäre übrig geblieben sein, wie die heutige, plus der gasförmigen Elemente, aus denen die jetzige organische Welt zusammengesetzt ist, sodass eine solche Atmosphäre vielleicht um ein Viertel vermehrt und nur noch mit mehr Kohlendgasen belastet gedacht werden könnte. — Wenn man aber die Kraft erwägt, welche das erhitzte Meer abhalten sollte, gasförmig zu werden, so ist eine solche Atmosphäre doch nicht im Entferntesten genügend, diese Kraft darzubieten.

Die glühende Atmosphäre, aus der ich die Bildung der Urgesteine annehme, bedarf auch keiner äusseren Compression; die thatsächlich stattfindende Anziehungskraft des uns unbekannt, aber schwereren Erdinnern genügt, dass wir uns vorstellen, wie aus der feuerglühenden Gashülle, die ursprünglich fast nur die chemischen Elemente in Wasserstoffverbindungen enthalten haben dürfte, zuerst die am schwersten schmelzbaren Elemente oder Verbindungen, welche schon bei höheren, uns unmessbaren Temperaturen erstarren<sup>\*)</sup>, sich in festem Zustande

<sup>\*)</sup> Ob der glühende Erdkern aus uns bekannten chemischen Elementen und woraus er überhaupt besteht, ist noch zu erforschen. Man nimmt meist an, dass er glühend-flüssig sei, weil gelegentlich Laven aus ihm herausgepresst werden. Letztere Folgerung scheint mir nicht richtig zu sein. Ich werde später aus mikroskopischen Untersuchungen beweisen, dass der Erdball nie feuerflüssig war, jetzt will ich andere Gründe anführen. — Wir kennen von unserem Erdball nur so viel — um einen beliebigen Vergleich zu gebrauchen — als vom Ei die Schale. Und diese Schale der Erde besteht vorwiegend aus Feldspathgesteinen; wurden diese von der grösseren Hitze des Erdinnern unter geringer Wassereinwirkung nur wenig geschmolzen, so zeigen sie, nachdem sie nach oben durch die abgekühlte, infolge dessen rissig gewordene Erdkruste hervorgepresst wurden, keine blasig-schwammige Structur, sind nicht von häufigen Auswürflingen begleitet, wie Laven, sondern lassen sich als ältere eruptive Gesteine, z. B. gewisse Granite, Phonolithe, Porphyre erkennen. Heutzutage kommt aber nur Lava aus Vulkanen und nie ein gleichmässig dichtes pyrigenes oder ein fremdes Gestein, trotzdem nach Ausfluss der Lava die Canäle der Vulkane keineswegs verstopft sind. Es lässt sich daraus folgern, dass jetzt im Erdinnern nichts mehr feuerflüssig, sondern alles nur glühendfest sei. Die eigenartige

niederschlugen, denen dann die leichteren, ebenso noch aus glühender Atmosphäre entstandenen Silicate, anfangs vielleicht in plastisch-krystallinischem Zustande, auflagerten. — Gletscher sind auch fest, plastisch und haben

pyrohydraulische Entstehungsweise der heutigen Eruptivgesteine, also der Laven, bedarf noch einiger Erörterung. Lava ist stets blasig infolge Wasserdampf, der auf glühende geschmolzene Feldspathgesteine einwirkte. Die heutigen vulkanischen Erscheinungen können nur durch Wasser veranlasst gedacht werden: 1), weil nur durch Wasser modificirte geschmolzene Felsen, also Laven, aus dem Erdinnern hervordringen und 2), weil Vulkane jetzt nur noch in Meeresnähe existiren. Ich stelle mir den Sachverhalt so vor: das Innere des Erdballs ist fest, obwohl glühend; der Globus war einmal ganz glühend und erkaltete durch äussere Abkühlung, muss also nach dem Mittelpunkt immer heisser sein, ohne dass man sich deshalb den Erdkern flüssig zu denken braucht; denn erstens kennen wir bereits feste Körper, die nicht schmelzbar sind, und zweitens dürfen wir über Eigenschaften von Körpern im uns unbekanntem Erdinnern überhaupt nicht urtheilen, zum mindesten nicht behaupten, dass diese unbekanntem Körper des Erdinnern flüssig sein müssen. Umgekehrt, wenn gemäss der allgemeinen Ansicht der Erdkern flüssig wäre, so müsste man sich wundern, dass heutzutage nur so wenig vulkanische Erscheinungen vorkommen, ferner müsste infolge der Erdrotation das glühende innere Fluidum fortwährend gemischt, allenthalben infolge erleichterten Wärmeaustausches von fast gleich hoher Temperatur gedacht werden. Nimmt man aber letzteres an, so käme ein Fluidum, das infolge des Wärmeaustausches verhältnissmässig viel glühend heisser gedacht werden müsste, fortwährend mit der erstarrten Erdkruste in Berührung, müsste dieselbe öfter abschmelzen und mit und nach Lavenergüssen bei Eruptionen zu Tage treten; das ist aber nicht der Fall. — Ich erinnere hier an ein physikalisches Experiment: lässt man eine schräge Röhre, in der Quecksilber, Wasser, Luft sich befinden, rotiren, so wird das Quecksilber emporgeschleudert; rotirende Fluida werden umgekehrt zu ihrem Gewicht weggeschleudert, die schwersten zuerst und am weitesten; so ist früher der Mond abgeschleudert worden, als die schweren inneren Massen auf ihrer Oberfläche noch etwas flüssig-plastisch waren, denen die glühende Urgesteinskruste in gleichem Zustande auflagerte. Es zeigt uns obiges Experiment, dass rotirende schwere Fluida sich nicht im absoluten Gleichgewicht wie rotirende feste Körper erhalten; bei irgend einer Störung, vielleicht durch stärkere Attraction bei grösserer Annäherung eines anderen Sternes, müssten wiederum Massen dieses Fluidum abgeschleudert werden oder, da inzwischen die Erdkruste erdfest wurde, müssten umwälzende, gewaltsame Katastrophen hierdurch entstehen; dies ist aber in historischen Zeiten unbekannt; deshalb ist es wohl richtiger, anzunehmen, das Erdinnere sei jetzt fest, wenn auch glühend.

Es dringt nun fortwährend Tageswasser, meist aber Meereswasser an wenigen Stellen in das glühend feste Erdinnere ein; dieses dehnt sich dann um das Hundertfache seines Volumens aus, wenn es Hohlräume im Erdinnern findet und zersetzt sich in passender Hitze chemisch, soweit es nicht wieder Abzug durch Vulkane findet. Fast alle Vulkane, die ich kennen lernte, namentlich auch alle auf Java, sind eigentlich nur Solfataren; das heisst, es entweichen aus ihnen sehr viel Wasserdämpfe und verhältnissmässig sehr wenig Dämpfe von Schwefel, Schwefelwasserstoff, Schwefelsäure und Salzsäure, soweit letztere nicht bereits beim Aufsteigen unterwegs an die Felsen wieder chemisch gebunden sind. Um grössere Krater, z. B. am Tankubanprahu auf Java ist die Waldvegetation infolge der Säuredämpfe halb vernichtet. Alle diese Dämpfe aber lassen sich nur aus chemisch zersetztem Meereswasser ableiten, das ausser Chlorverbindungen noch Schwefel im Gyps aufgelöst enthält. So lange nun wenig Wasser eindringt und die Vulkankanäle nicht total verstopft sind, so wird dies Wasser ohne spürbare vulkanische Erdbeben wieder abgeleitet; im entgegengesetzten Falle indess, wenn einmal grössere Mengen Wasser in's glühende Erdinnere gelangt sind und dort zersetzt werden, reicht die mehrhundertfache Ausdehnungsfähigkeit, die Spannkraft der Wasserdämpfe, noch vermehrt, weil chemisch zersetztes Wasser um  $\frac{1}{2}$  Volumen in seinen Elementen zunimmt (denn 2 Vol.  $H_2 O = \text{Gas}$  geben zersetzt = 2 Vol.  $H$ . + 1 Vol.  $O$ -Gas) aus, um Spalten und Hohlräume zu schaffen, also die Erdreste in ihren Lagerungsverhältnissen zu verschieben; die Gase von  $H$  und  $O$  gelangen dann vielleicht in höhere, minder heisse Räume, wo sie sich als Knallgas entzünden können, wieder

analoge Entstehung, nur in anderer Temperatur, indem sich aus der Luft Schneekristalle ausscheiden, die nachher bei etwas höherer Temperatur unter Mitwirkung der eigenen Schwere zusammensintern.

sich chemisch zu Wasser verbinden (denn in derselben Glühhitze, wo sich Wasser chemisch zersetzt, können sich seine Elemente nicht wiederum verbinden) und dabei eine unmessbare Hitze veranlassen, die Feldspathgesteine zum Schmelzen bringen, zu Laven umwandeln, während das wiederum condensirte Wasser in die tieferen glühenderen Schichten des Erdkerns zurückgeht und sich abermals chemisch zersetzt. Derart muss dann das Wasser dort wiederholt revoltiren, bis es sich sammt den abgeschmolzenen Gesteinen durch die verstopften Vulkankanäle gewaltsam Ausgang verschafft hat. Nachher aber tritt Ruhe ein, wasserfreie pyrigene und nameptlich fremde, spezifisch schwerere Gesteine folgen nicht nach.

Lavaergüsse sind selten in unserer Periode und von nachträglicher Ruhe begleitet. Ausserdem sind manche Vulkanausbrüche, die in Europa als glühende betrachtet werden, nur Kraterseedurchbrüche gewesen, z. B. der sogenannte Ausbruch des Vulkan Kloet auf Java, also gar nicht plutonischer Natur. Ich war damals in der Nähe des Kloet. Die Insel Java, welche als äusserst vulkanisch gilt, ist ruhiger mit ihren meist erloschenen Vulkanen, deren ich eine Anzahl besuchte, als man nach Junghuhn'schen, zuweilen schöngefärbten Schilderungen glaubt.

Dass heutzutage eine Abschmelzung der Felsen im Erdinnern stattfindet, geht daraus hervor, dass die heutigen Eruptionsgesteine viel mehr glasig und geschmolzen sind als frühere Ausbruchsmassensteine; es bedingt dies eine grössere Hitze im Erdinnern als in frühesten Zeiten, die also nur nachträglich erst hineingebracht sein kann, durch Knallgas veranlasst ist; denn z. B. Granit, Felsitporphyr, Felsitpechstein, Rhyolith und Obsidian sind nur aufeinander folgende, eruptive Modificationen eines und desselben Gesteines. Wie anders waren früher die Verhältnisse, als der Globus noch nicht so sehr abgekühlt war, als die Erdkruste zum Theil noch glühend-plastisch und nur die obere Schicht erkaltet-fest war! Kam dann Wasser ins Erdinnere, so konnte die Spannkraft desselben leichter wirken und grössere Umwälzungen hervorbringen, die Abschmelzungen der noch heissen Gesteine fanden leichter und umfangreicher statt oder waren in frühesten Epochen fast gar nicht nöthig; war einmal nach oben ein Canal gebrochen, so flossen die älteren eruptiven Gesteine, in denen das minder revoltirende Wasser nur durch kleine Poren und wenig Glaseinfüsse noch erkennbar ist, oft in so grossen Mengen aus, dass ungeheure Länder davon bedeckt wurden und anderseits in Wechselwirkung Continente versanken. Wenn jetzt im Erdinnern, wie ich oben zeigte, vor Eruptionen mehr Hitze stattfinden muss, als früher, so kann das Erdinnere in seinen oberen Theilen auch nicht mehr plastisch-halbfüssig oder krystallinisch-breiartig sein wie früher, sonst müsste bei Eruptionen mindestens ebensoviel ausfliessen als ehemals. Ich sagte, das Wasser habe früher im Erdinnern minder revoltirt; dies muss sein, weil es minder lang und minder fest im Erdinnern gefesselt wurde als jetzt. In frühesten Zeiten, als die Erdrinde noch ziemlich plastisch war, konnte eingedrungenes Wasser sich ähnlich, wie man es an Salsen sieht, deren oberste Krusten oft auch hart sind, relativ leicht Röhren nach oben zu bilden; deshalb brauchte es im Erdinnern nicht so zu revoltiren, es zersetzte sich nicht so viel oder nicht so oft zu Knallgas; deshalb sehen wir die älteren Eruptivgesteine nicht blasig und nur mit wenig mikroskopischen Glaseinschlüssen; sie flossen durch diese Röhren oder auch Spalten dann aus, weil sie so wie so noch körnig-breiartig, glühend-plastisch waren, von solch dicker Consistenz, dass sie sich selbst dann als Dome aufthürmen konnten und durch ihr eigenes Gewicht die Röhren stopften, falls nicht ein anderwärts nachsinkender Erdtheil noch mehr herauspresste. War früher Wasser meist nur Veranlassung zu Eruptionen, so ist es heutzutage nicht blos dieses, sondern auch die Ursache der Eruptivgesteine, weil es diese zuvor erst schmelzen muss. —

Ich halte es nicht für unmöglich, dass im uns unbekanntem Erdkern noch uns neue, fremde chemische Elemente existiren. Vielleicht findet die Astralphysik solche durch Spectralanalyse künftig in solchen Sternen, die noch in der ersten Phase des glühendgasförmigen Zustandes sind, in planetarischen Nebeln.

Physiker berechneten die mittlere Dichte der Erde = 5,577, während Wasser = 1, die Feldspathgesteine durchschnittlich = 2,5 spec. G. haben; es muss also der Erdkern dichter und mindestens doppelt schwerer als z. B. Granit sein. Da

Das Wasser muss, weil es nie überspannt war, über der heissen Erdkruste gasförmig gewesen sein und hat sich erst nach Abkühlung derselben vielleicht zu Ende der huronischen Periode niedergeschlagen; in der später

nun etwas andres als veränderter Granit oder analoges Gestein nicht aus der Erde bei Vulkaneruptionen hervorgeflossen ist, ist es auch nur wahrscheinlich, dass das Erdinnere fest ist und aus uns fremden Stoffen besteht. Vermuthlich ist es je näher dem Mittelpunkte, um so fester und schwerer, vielleicht auch um so heisser. Da wir effectiv nichts über das Erdinnere wissen, dürfen wir die Progression dieser Eigenschaften nach dem Erdmittelpunkte zu kaum in Zweifel ziehen; denn soweit wir Schwere und Wärme unseres Eruballes kennen, findet Progression statt und mit der starren Festigkeit, muss es, selbst wenn man von der Progression: Luft, Wasser, Massengesteine abstrahirt, als die Silicatkruste noch glühend-plastisch war, ebenfalls der Fall gewesen sein, sonst wäre eben von dem schweren Erdkern damals öfters etwas abgeschleudert worden. Wir müssen schon annehmen, dass trotz ungeheurer Hitze viele der schwersten Stoffe starr sind, wie auch z. B. Lava und Stahl erst bei 1250—1500° schmelzen, Kohle und Kalk gar nicht, Kieselsäure und Thonerde nur im Knallgasgebläse schmelzbar sind. Doch haben gerade einige der schwersten Metalle niedrige Schmelz- resp. Erstarrungspunkte, z. B. Blei 330°, Quecksilber — 38°. Und dennoch existirt ein Zusammenhang zwischen Wärme und Gewicht und Erstarrung, denn nach dem berühmten Gesetz von Dulong und Petit, das für die neuere Chemie so wichtig wurde, ist „die spezifische Wärme der chemischen Grundstoffe im festen Aggregatzustande im umgekehrten Verhältniss zu ihrem Atomgewicht“, d. h. doch nichts anderes, als die schwersten Elemente bedürfen der geringsten Wärmeabgabe, um bei gleichem Druck und gleicher Erhitzung aus gleichförmigem Fluidum sich zuerst starr auszuschcheiden und die mindschweren Stoffe erstarren später. Um nun die Differenzen zwischen dem Krystallisations-Erstarrungspunkt und dem Erstarrungspunkt, welcher mit dem Schmelzpunkte zusammenfällt, zu verstehen, dürfen wir solche chemische Verbindungszustände der Stoffe nicht ausser Acht lassen, in denen sie nebeneinander unter gleichen physikalischen Bedingungen, z. B. in Kant's gasförmigem Chaos — das indess gesetzmässig combinirt sein muss — des Kosmos bei vielleicht 20000° Wärme bestehen können. Die leicht schmelzbaren schweren Metalle, z. B. Quecksilber, Zinn, Blei, Zink haben sich jedenfalls nicht als solche, sondern als chemische Verbindungen früher niedergeschlagen, denn wir finden sie auch nicht als Metalle natürlich, oder wenn wir sie metallisch finden, sind sie secundäre Desoxydations- oder Reductionsprodukte; z. B. Quecksilber ist nur aus Zinnober entstanden, Blei ist in Lava oder Kohlenkalk ein secundäres Reductionsprodukt, wie auch Silber sich nur aus Chlorsilber gebildet hat, weil Chlorsilber sich am leichtesten ausscheidet, sich früher niedergeschlagen haben muss. Auch die homologen Reihen der organischen Verbindungen zeigen gesetzmässige Beziehungen zwischen Wärme und Aggregatzustand (also Siedepunkt), Schwere und chemischer Verbindung. Erstarrungspunkt und Schmelzpunkt ist nicht immer gleich, z. B. wird Wasser bei — 18° unter Druck wieder flüssig; manche Metalllegierungen haben 2 verschiedene Schmelzpunkte; Stereopten von Fenchel-, Anis- und Rosenöl erstarrt bei ganz andren Temperaturen als es aufthaut. — Der flüssige Zustand auf der Erde dürfte überhaupt erst eine secundäre Erscheinung sein, die entweder bei und nach Abkühlung der Erde, namentlich infolge organischer Prozesse auftritt, oder sich nachträglich als Folge von vulcanochemischer Wasserzersetzung oder künstlicher Wärmeerzeugung zeigt.

Mir sind planetar rotirende, feuerflüssige Himmelskörper ohne festen Kern undenkbar. Schnellrotirende Fluida, selbst wenn sie sehr dick sind, werden scheibenförmig; nur ein fester Körper kann rotiren, ohne abzuschleudern und ist er auch nur äusserst wenig plastisch, so wird doch durch die enorme Rotation eine an den Polen platte Kugel daraus. Nur weil der verhältnissmässig ungeheure und dabei feste Erdkern auf das dagegen relativ geringe Quantum Meerwasser eine überreiche Anziehungskraft ausübt, wird die Abschleuderung des Wassers verhindert. Nehmen wir aber — auf Kant's geniale Hypothese der Kosmogonie eingehend, sie etwas auszubauen versuchend — an, dass die schwersten Stoffe sich zuerst fest krystallisirt aus dem gasglühenden, gesetzmässigen Chaos ausschieden, so folgt die weitere Ausscheidung, das Wachsen der Himmelskörper durch Ankrystallisiren leicht. Körper ziehen sich proportional ihrer Masse an; gerade die schwersten, dichtesten,

erkalteten Atmosphäre sind nur Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure neben Wasserdämpfen übriggeblieben, aus welchen Gasen sich dann die organische Welt entwickelte. — Dass bei Erstarrung eines feuerflüssigen Magma noch gar kein Wasser mit letzterem, selbst nicht in Dampfform, in Berührung gekommen sein kann, geht daraus hervor, dass eine so entstandene Kruste lavaartig-schwammig, porös sein müsste — und eine solche Erdkruste existirt eben nicht. Die Lava ist ja den Urfeldspathgesteinen chemisch gleich zusammengesetzt und entsteht aus ihnen durch inneres Abschmelzen der Erdkruste; sie ist blasig, weil sie durch Wasser, das von der Erdoberfläche zuweilen ins Erdinnere gelangt, entsteht. Je mehr Wasserdämpfe auf Lava einwirken, desto blasiger wird sie und gelangen geschmolzene Silicate — Laven — gar mit vielem Wasser in Berührung, so wird — wie ich zeigte — Bimstein daraus.

Da die Entstehung der Urgesteine nicht neptunisch sein kann, da nach Abscheidung der Urgesteine aus glühender Atmosphäre dennoch im Ganzen Grossen nichts andres als Gase von O, N, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> übrig blieb, so scheint es schwer erklärlich, dass die Erdkruste nicht lavenartig ist; denn das gasförmige Wasser muss, durch den Lauf unsres Planeten im Weltraum abgekühlt, als Regen auf die Erdkruste eingewirkt haben. Wenn man sich aber vorstellt, dass die Silicaterdkruste durchaus noch stark glühend war, so muss der niedergefallene Regen etwa wie ein Tropfen Wasser auf einem glühenden Stück Eisen getanzt haben. Die Wärmeausstrahlung ist aber zweifelsohne eine so starke gewesen, dass Regen gar nicht in die Nähe der glühenden Silicate gelangen konnte und letztere langsam ungestört, ohne schwammige oder blasige Lavenbildung, völlig fest werden konnten; die Abkühlung konnte so langsam erfolgen, dass selbst, wenn die Silicate feuerflüssig niedergeschlagen worden wären, sie krystallinisch und nicht porös, ohne Störung des durch Hitze ferngehaltenen Wassers, hätten erstarren können, wenn auch nicht zu Granit, Gneiss, Syenit etc., weil diese, wenn einmal geschmolzen, sich nie wieder als solche ausscheiden. Wir dürfen annehmen, dass zwischen der Zeit, in welcher die Silicate sich aus der Atmosphäre niederschlagen aufhörten und der Zeit, wo sich das Wasser als solches zuerst auf der Erdkruste niederschlug, jedenfalls wegen der Abkühlung ein unendlich grösserer Zeitraum liegt als nach der Zeit des ersten auf der Erdkruste haftenden Wassertropfens bis heute verschwunden ist. Ich will diesen Zeitraum die Mondtrennungsperiode, selenogone Zeit nennen. In diesem

ersten, festen Ausscheidungen mussten bald an Masse steigend, proportional immer mehr Masse anziehen; da aber feste Körper viel weniger Raum einnehmen als Gase, musste zwischen den einzelnen Körpern steigend die Menge der Gase abnehmen, die Bewegung zwischen ersteren musste sich einstellen; ferner da die schwersten Stoffe auch die besten Wärmeleiter sind, am meisten Wärme absorbiren, da sie meist unschmelzbar sind, musste die Abkühlung inden Zwischenräumen sich immer mehr steigern; denn die Kälte im Weltraum und Gluth im Sternenninnern kann doch nur durch Wechselwirkung entstanden sein, da sonst der Kosmos eine ausserweltliche Abkühlung erhalten haben müsste. Mit der wachsenden Centripetalkraft wurden die Reste des gasglühenden Chaos zu Nebelringen vereint, die sich vielleicht zu selbständigen Himmelskörpern zusammenballten; doch möchte ich bei unsrem Monde nur eine Abschleuderung aus der plastisch-heissen Silicaterdkruste annehmen, weil er keine Atmosphäre hat, eine Ausscheidung in früherer Zeit aber die Bedingungen zu einer Atmosphäre mitführt und weil er specifisch leichter als die Erde ist, das specifische Gewicht unsrer Silicaterdkruste wenig überschreitet. (Aber wohin gerathe ich! Leider kann heutzutage ein Naturforscher nur Spezialist sein und muss doch zuweilen das Gesamtgebiet umfassen. Was hat sonst ein Botaniker über und in der Erde zu suchen? Wie ungern verlässt er das Gebiet der exacten Beobachtung und versucht sich in scheinbar ihm fernliegenden Speculationen!)

Zeitraum der Abkühlung der Urgesteine in dem trocknen Zwischenraume zwischen Erde und feuchter Atmosphäre eines feuerglühenden Globus, etwa wie in den Zwischenraum zwischen starkglühendem Eisen und einem Wassertropfen, konnten auf fast erstarrter, aber immer dennoch heisser Kruste selbst hohe und ungeheuer weite Ringe von Vulkankratern entstehen, welche indess nicht lavenartig und kegelförmig aus Laven angehäuft gedacht werden dürfen, sondern als Aufblähungen einer glühend-plastischen Masse, aus der Gasblasen sich gewaltsam Bahn brechen, wobei sich die Masse um so höher aufgebläht erhält, je mehr sie abgekühlt ist, je grösser die aufsteigende Gasblase ist. Solche Blasenkrater erscheinen uns später nach Auswaschung durch den Regentropfen, also durch Erosion, als nicht eruptive Berge aus Urgestein, als Kesselgebirge und als Thalkessel; doch sind deren nicht viele mehr erhalten und selten so deutlich, wie die vulkanischen Rundgebirge auf dem atmosphärenlosen Mond.

Im Tengergebirge auf Java, das in höheren Regionen an Regenarmuth leidet, kann man noch ein derartiges Rundgebirge sehen, das noch wenig, stellenweise gar nicht in einzelne Bergspitzen gesondert ist. Sind die späteren Vulkankegel meist nur Anhäufungen von Auswurfssteinen, so sind die lavenfremen, ältesten Vulkane reine Blasenringe, Erhebungen, die sich von ersteren meist noch dadurch unterscheiden, dass sie vom Kreiskamm einzelne, streberartig und strahligh abweigende Gebirgskämme zeigen.

Mondtrennungsperiode, selenogone Zeit nannte ich diesen unendlich langen Zeitraum der Abkühlung der glühenden Silicat-Erdkruste, bis sich das Wasser darauf niederschlagen konnte deshalb, weil es am wahrscheinlichsten ist, dass sich in dieser Periode der Mond von unserem Globus abgeschieden hat. Denn dass er noch in feuerglühendem Zustande sich lostrennte, zeigen uns die zahlreichen erloschenen Mondblasenvulkane und seine Zerklüftungen, die durch Abkühlung entstehen mussten. Dass dies aber nicht in noch früheren Perioden geschehen sein kann, wo also die Auscheidung von Silicaten noch nicht stattgefunden und dieselben als feurige Gase in chemischer Verbindung mit den später übrig gebliebenen Gasen von N, O, H, CO<sub>2</sub> noch über dem Erdkern existirten, geht aus seinem Gewicht hervor. Da ferner der Mond keine Atmosphäre hat, die er besitzen müsste, falls er als Nebelring zur Zeit der glühenden Silicatatmosphäre von letzterer abgeschieden wäre und die Elemente zu deren Entstehung noch in sich geführt hätte, so bleibt keine andere Annahme übrig, als dass er sich aus der glühenden plastischen Silicateerdkruste gebildet habe, von ihr abgeschleudert sei\*). Da der Mond keine Atmosphäre hat und nach

\*) Aber, wird man sagen, wenn die Anziehungskraft des festen Erdinnern so mächtig wirkt, dass selbst die enorme Wassermenge der Ozeane nicht vom Erdball abgeschleudert wird, wie ist es dann möglich, dass der Mond durch Centrifugalkraft entfeht worden sein soll? Der Mond, der also aus Silicaten bestehen dürfte, die zur selenogenen Zeit in plastischem Zustande, analog dem Gletschereise, sich befunden haben sollen? Stellen wir uns jenes heisse Geoplasma wie Meer über die Erdkugel verbreitet vor, so wird es sich, wie sich das Meerwasser durch die Erdrotation an der Westseite der Continente staut, an einem damaligen festen Erdtheil angehäuft haben; während aber Wasser in Folge seiner Dünnflüssigkeit schnell zurückfliesst, das hydrostatische Gleichgewicht schnell wiederherstellt, konnte dies das schwerfällige, kaum flüssige, krystallinische Geoplasma nicht thun. Es häufte sich einmal an einer Stelle an, wurde, weil es durch seine Masse gewaltig auf das heissere Erdinnere presste, an der dem Innern zugewendeten Seite etwas liquider und musste schliesslich in Folge der durch Anhäufung entstehenden grösseren Schwere und der Wirkung der Centrifugalkraft abgeschleudert werden, wobei eine gelegentliche, grosse Sternnähe zugleich Einfluss geübt haben mag.

Erkaltung der Erdkruste nicht mehr ausgeschieden sein kann, so zeigt er auch die vulkanischen Bildungen der selenogenen Periode an seiner Oberfläche, die sich auf dem Erdglobus zu jener Zeit genau derartig gebildet haben müssen, und die wegen Mangels an feuchter Atmosphäre und infolge dessen auch an Regen und dadurch ausbleibender Erosion ungestört erhalten blieben, weil infolge Wärmeausstrahlung eine trockne, hohe Gassäule von Kohlensäure auflagerte. Auf der Erde aber befand sich über einer heissen Luftsäule erst die Wasseratmosphäre; letztere zerstörte in späterer Zeit als Regen die mondartige Erdoberfläche jener Periode zum grossen Theil und bildete daraus die Sedimentärgesteine.

Ich komme nochmals auf die verbreitete Ansicht zurück, dass sich Feldspathurgesteine aus überhitzten Wässern gebildet hätten. Ich zeigte, dass überhitzte Wässer sich nicht gebildet haben konnten, weil kein entsprechender Druck existirt haben konnte; ich will aber auch einmal erörtern, was vor sich gegangen wäre, wenn überhitzte Wässer auf einer zur neptunischen Erklärung nothwendigen, aber idealen Erdkruste, die — ich wiederhole es der Wichtigkeit wegen — noch kein Mensch gefunden, aufgelagert hätten. Nun dann müsste doch jedenfalls diese Erdkruste, als die Quelle der Wärme für die überhitzten Wasser, selbst ungemein heiss und in geringer Tiefe noch glühend-plastisch gewesen sein. Wenn aber feuerflüssige Feldspath-Gesteine mit Wasser in Contact kommen, werden sie bimsteinartig. Dann müssten wir in den älteren Feldspathgesteinen viel Laven und Bimsteinreste finden; das ist aber nie der Fall. —

Bei der Annahme, dass die Urgesteine plutonischen oder vielmehr gasogenen\*) Ursprunges seien, ist mir nur eines noch bedenklich: der Urkalk kann nicht als Kalkcarbonat von Anfang an existirt haben, denn starke Glühhitze treibt die Kohlensäure aus. Da indess die Urgesteine nicht neptunisch sein können, wird sich auch dieses noch erklären lassen. Es ist als wahrscheinlich anzunehmen, dass er sich aus glühender Wasserstoffverbindung als Aetzkalk niedergeschlagen; wie er aber als solcher gestaltet gewesen ist, können wir nicht wissen, denn der Aetzkalk, den wir kennen, ist ein secundäres Product. Er wird in der zweiten Hälfte der selenogenen Periode, als die Glühhitze soweit abgenommen, dass die vom Aetzkalk aus der Luft absorbirte Kohlensäure nicht wieder durch die Hitze vertrieben werden konnte, sich in Kalkcarbonat verwandelt haben und das muss noch vor Eintritt der feuchten Niederschläge beendet gewesen sein, denn er wechsellagert mit andren Urgesteinen.

Dass indess im Urkalk die mannigfaltigsten chemischen Prozesse und Revolutionen stattfanden, zeigt der Umstand, dass er von allen Urgesteinen die meisten fremden Bestandtheile, Mineralien in sich birgt. Der Urkalk ist aber einmal schwachglühend gewesen, ohne seine Kohlensäure zu verlieren; dieses beweist uns seine grobkrySTALLINISCHE Structur, die sich nur bei späteren Kalken, beim Marmor gleich findet und die bei letzterem dadurch entstand, dass Sedimentärkalk durch Contact mit glühenden, vulkanischen Gesteinen metamorphisirt wurde.

Hiermit haben wir einen Anhalt zur Erklärung zweier auf den letzten Seiten erwähnten anscheinend sich widersprechenden Thatsachen: der Mond

\*) Man verzeihe mir diese Wortbildung, aber für ein glühendes Gas hatten die alten Griechen noch keinen passenden Ausdruck. Da „entstammen“ und „erzeugen“ meist zwei verschiedene Begriffe sind, empfehle ich künftig den älteren griechischen Sprachgebrauch wie bei pyrigen vom Feuer erzeugt und pyrigon feuererzeugend, also phytogen, gasogen, aus Pflanzen, Gas entstammend, entstanden, selenogon Mond erzeugend, bildend. Doch Kosmo- und Geo-genie = — gonie.

hat keine Atmosphäre und doch viel Vulkanblasen, die nur durch Gase herbeigeführt sein können. Kohlensäure ist nun in allen Urgesteinen mikroskopisch und zwar flüssig enthalten — eins der besten Argumente, dass letztere nicht neptunisch sein können; damit haben wir wenigstens ein sicher nachgewiesenes Gas, das, weil es trocken war und heiss sein kann, die damals noch plastischen Gesteine nicht lavaartig umgestalten konnte, womit wir die Vulkanblasen erklären können. Dadurch aber, dass der Kalk ursprünglich als Aetzkalk existirt haben muss und nachträglich die Kohlensäure absorbirte, ist auch auf dem Monde das Verschwinden dieser ursprünglichen Atmosphäre erklärt. Wie nun flüssige Kohlensäure sich in den glühenden Urgesteinen gebildet hat, ob sie vielleicht nur ein Oxydationsproduct des vorher aus glühenden Gasen niedergeschlagenen, chemisch reinen Kohlenstoffes, des Graphites oder gar des Diamanten ist, der, weil er durchsichtig und viel ausgeprägter, deshalb langsamer krystallisirt ist als Graphit, auch wohl älter als dieser sein wird; ob noch andre Gesteine, Mineralien in jenen Gluthen gasförmig waren und als solche zur Herstellung der selenogenen Blasenvulkane mitwirkten, anfangs gasförmige Körper, die später mit der fortschreitenden Erkaltung fest wurden und aus der Atmosphäre verschwanden — eine Annahme, die gar nicht so verwegen ist, wenn man bedenkt, dass gerade im Urkalk, der grossen Revolutionen durch Gase unterworfen gewesen sein muss, viel fremde Bestandtheile sich finden — über alles Dies, obwohl es nahe liegt, haben wir doch noch kein bestimmtes Urtheil, weil die Pyrochemie noch in den Kinderschuhen steckt. Uebrigens soll Kalk in reiner Atmosphäre von Kohlensäure geglüht nicht zu Aetzkalk werden. Wieweit dies richtig ist, ob es auf frühere Verhältnisse anwendbar ist, lasse ich dahin gestellt. — —

Wie wenig löslich übrigens Kieselsäure in Wasser und wie langsam und sparsam sie im Gegensatz zu Kalk aus Wasser sich abscheidet, möchte ich aus einer Beobachtung constatiren, die ich an den kieselhaltigen, fast kochenden Gewässern der Geysirs des Yellowstone-Gebietes machte. Ich war im Nov. 1874 dort. In einem der Bassins, wo fast ununterbrochen das heisse Wasser nachläuft, hatte drei Jahre vor mir ein Yankee seinen Namen nebst Datum auf einen glatten, weissen Stein geschrieben, der im Wasser lag, und spätere Besucher hatten dies gleichfalls gethan. Nachdem nun drei Jahr fortwährend Kieselwasser darüber hinweggelaufen war, war der Name doch kaum von einer papierdünnen, noch vollständig durchsichtigen Schicht von Kieselsäure überdeckt, vielleicht 0,2 mm. stark. Es zeigt dies, wie wenig gelöste Kieselsäure in Wasser in der Natur sich findet, so gering, dass das überhaupt vorhandene Wasser, selbst wenn es chemisch rein und kochend wäre, nur einen undenkbar kleinen Theil der Erdkruste gelöst haben kann. — Auch wenn man annehmen wollte, der Quarz und die Feldspathgesteine seien einmal als Wasserglas in starker Lösung gewesen und durch Salzsäure zerstört worden, woraus einerseits der Salzgehalt des Meeres und andererseits der Quarz resultiren könnte, so existirt doch nicht entfernt so viel Kali und Natron in der Natur, um allen Quarz zu lösen, auch fehlen genügende Mengen Chlor, resp. Salzsäure, damit soviel Wasserglas hätte zersetzt werden können.

In den Urgesteinen finden wir neben Silicaten Urkalk. Wären diese zusammen in wässriger Lösung gewesen, letzterer als Bicarbonat, so hätte sich der Kalk, weil sich Calciumbicarbonat schnell zersetzt und schnell Kalk abscheidet, zuerst ablagern müssen, und müsste den Silicaten unterlagern. Das ist aber nicht der Fall.

Man verzeihe mir diese weitläufigen, z. Th. elementaren Auseinandersetzungen, aber ich müsste, um die allgemein verbreitete Ansicht, dass das Meer stets salzig war, zu widerlegen, soweit ausholen, und auch die Ansicht — welche viele Anhänger hat — widerlegen, dass Urgesteine neptunisch sind.

Es wäre ein Irrthum, sich die erste krystallinische Kruste der Erde als Ebene vorzustellen. Abgesehen davon, dass damals die Erdkruste noch sehr heiss und deshalb minder dick und fest, infolge dessen Schwankungen und Revolutionen mehr unterworfen war, setzen sich viele krystallinische Niederschläge, sei es aus feuer- oder wasserflüssigem, aus glühend- oder kalt-gasförmigem Fluidum, wie die Wintereisblumen am Fenster gebirgszugsartig an: von einem Knotenpunkte strahlen Aeste aus, an denen die nächsten Krystallisationen stattfinden. So sind vielleicht manche Urgebirge entstanden; deren Bestandtheile, Feldspath, Quarz, Glimmer, Hornblende müssen in der Hauptsache gleiche Erstarrungstemperaturen haben, weil sie sich zu gleicher Zeit aus glühenden Gasen niederschlugen. Sie lagerten sich crystallinisch wie Fensterisblumen auf dem schwereren, bei noch höherer Temperatur bereits niedergeschlagenen, krystallisirt-plastischen — ich erlaube mir nochmals wegen dieses Zustandes an den Vergleich mit Gletschereis zu erinnern — Kern der Erdkugel. Diese Urgebirge sind seltener, weil sie durch ihre Schwere die damaligen dünne, festere Kruste leicht zerbrachen und wieder versinken mussten. Derart stelle ich mir also die Entstehung der primitiven und eigentlichen Urgebirge vor im Gegensatz zu den häufigen Erosionsgebirgen, die durch Hebung von Erdtheilen entstanden, indem sich an den dadurch entstandenen Spalten Plateauränder am höchsten erhoben, an denen dann später durch den fallenden Regentropfen Berge und Gebirgszüge (Küstengebirge) isolirt wurden und werden. Aehnlich den Eisblumen an Fenstern setzt sich in den heissen Geysirquellen des Yellowstonegebietes noch heutigen Tages der Quarz gebirgszugsweise en miniature ab; und wie wir bei Eisblumen aus kalter Luft, bei Quarz in heissem Geysirwasser, bei Wismuth aus schmelzendem Metall Gebirgsknoten- und Gebirgszugs-ähnliche Krystallanhäufungen entstehen sehen, ebenso halte ich es für nicht unmöglich, dass dies bei Urgesteinen aus glühender Atmosphäre stattgefunden hat. — Nun giebt es aber noch eine dritte Art von Bergen und Plateaux der Entstehung nach, die der Dome oder der Kuppelberge der älteren eruptiven Gesteine, namentlich des Granites, wie sie am grossartigsten am Yosemite-Thal in Californien ausgebildet sind und die ich wie Phonolithberge und Porphyrkuppen entstanden betrachte, indem die unteren Schichten der Erdkruste, die der grösseren Hitze des Erdinnern mehr exponirt sind, halbflüssig-plastisch durch Abkühlungsspalten hervorgepresst wurden. Früher habe ich bereits die Entstehung der selenogonen Rundgebirge im Gegensatz zu modernen Vulkankegeln erwähnt; auf die durch spätere Störungen der geschichteten Sedimentärgesteine, namentlich auf die infolge Erdabkühlung entstandenen Faltungen, Biegungen oder Spaltungen, Verwerfungen und die dadurch veranlassten Längsthäler, Berge brauche ich hier wohl nicht näher einzugehen. Die Ursache der Entstehung der Berge und Gebirge ist, wie ich zeigte, mannichfaltig. — Ich meine nun, wenn Kochsalz sich wirklich auf den azoischen Gesteinen vor Niederschlag des Wassers lagerweise angesammelt hätte, müsste es infolge der verschiedenartigen, älteren Erdrevolutionen, die in dieser krystallinischen Urgesteinskruste vor dem Wasserniederschlag stattfinden mussten, zuweilen auch noch in den Urgesteinen selbst in grösseren Mengen hermetisch gegen Wasser abgeschlossen zu finden sein; das ist aber nicht der Fall. Selbst

als das erste Wasser auf die noch warme Erdkruste fiel, lief es doch zunächst in die Abkühlungsspalten und musste dadurch Eruptionen halbflüssiger, glühender Gesteine veranlassen; wäre nun Kochsalz vorher aufgestapelt gewesen, so fände es sich derart zuweilen von den ersten eruptiven Gesteinen umschlossen.

Da dies nie der Fall ist, wird die Ansicht hinfällig, dass Steinsalz ein primitives Gestein sei, durch dessen Auslaugung das Meer sofort salzig geworden wäre. Uebrigens ergibt sich aus der constanten Reihenfolge der Lagerungsverhältnisse von Gyps, Steinsalz und Abraumsalzen, dass diese Mineralien nur Ausscheidungen aus verdunsteten Meeresbecken sind; Verhältnisse, auf die ich noch ausführlicher zurückkomme.

Neptunische Entstehung der Urgesteine bedingt eine gleichmässige Bedeckung der Erdkugel mit Wasser. Das ist aber ein Zustand, der nie stattgefunden haben kann. Ich möchte mich nicht einmal der extremen Ansicht anschliessen, dass die eben erst abgekühlte Urgesteinskruste gleichmässig mit Wasser bedeckt gewesen sei, weil das Material für die Sedimentärgesteine der Silurperiode, also Sand und Thon zu Sandstein, Thonschiefer und Grauwacke als Zersetzungsprodukt der Urgesteine, nicht ohne Mitwirkung des Sauerstoffes und der Kohlensäure, der Luft, keineswegs unter Wasser entstanden sein kann.

Unantastbare Beweise, dass Urgesteine weder plutonischen noch neptunischen Ursprunges sein können, sondern sich aus glühenden Gasen auskrystallisirt, haben una mikroskopische Untersuchungen im letzten Decennium gebracht. Es finden sich in den granitischen Quarzen winzig kleine Flüssigkeitseinschlüsse, die nicht von aussen eingedrungen sein können, von absonderlichen Eigenschaften; namentlich sind für unsre Betrachtungen die impropotionalen Libellen, ferner die Chlornatrium- und Apatiteinschlüsse, sowie die flüssigen, aber mutterlaugenfreien Mineralien, schliesslich das Fehlen von Glaseinschlüssen und Poren wichtig. Da die mikroskopische Geologie noch eine wenig bekannte Disciplin ist, verweise ich auf Ferd. Zirkel's „mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine, 1873“, woraus ich nachstehende Mittheilungen schöpfte, um meine Folgerungen anzuknüpfen.

Bei der Krystallisation irgend welcher Substanz finden, wie namentlich H. C. Sorby durch Experimente zeigte, Mutterlaugeneinschlüsse statt; geschieht nun die Krystallisation aus heissem Fluidum und erkaltet alsdann der Krystall, so zieht sich die mikroskopisch eingeschlossene Flüssigkeit infolge der Abkühlung zusammen und entsteht dadurch ein luftleerer Hohlraum, Libelle genannt, die sich ausserordentlich beweglich im Fluidum zeigt. Bei Ausscheidung des Krystalles aus heisser Mutterlauge muss die Grösse der Libelle stets in genauer Proportion zum Volumen des Mikrofluidum sein. Das ist nun aber nicht bei den granitischen Quarzen, die von derartigen Flüssigkeitseinschlüssen wimmeln, der Fall; dort sind die Libellen impropotional unter Verhältnissen, die nicht gestatten anzunehmen, dass etwas Mikrofluidum aus dem Einschluss entwichen sei. Es geht daraus hervor, dass die Urgesteine nicht aus einer heissen Flüssigkeit auskrystallisirt sein können, sondern, dass dabei heisse Gase, die bei späterer Abkühlung ungleiche Mengen Flüssigkeit ergaben, und auch Gase, die gar keine Flüssigkeit lieferten, thätig waren. Erwärmt man diese Mikrofluida, so verschwindet vorübergehend das Vacuum, die Libelle, ebenso etwaige Salzkristalle; nach dem Erkalten treten die Libelle und die Krystalle, letztere oft in veränderter Gestalt — z. B. aus mehreren kleineren — und in anderer Lage wieder zum Vorschein. Indess bei verschiedener Erwärmung

hat sich gezeigt, dass nicht alle Libellen bei gleicher Temperatur verschwinden; wie J. A. Phillips nachwies, differirte dies zwischen 180 — 362<sup>o</sup> Fahrenheit und manche Libellen verschwanden selbst dann noch nicht. Es zeigt dies also, dass verschiedenartige, flüssig gewordene Gase ursprünglich im Quarzkrystall eingeschlossen sind und da dies nebeneinander vorkommt, da ferner die Einschlüsse eines und desselben Krystalls oft chemisch ungleich sind, ist ein Entstehen der Krystalle aus einer Mutterlauge unmöglich, denn dann müssten die Einschlüsse gleich sein. — Doch sind nicht etwa bloss in den archaischen Quarzen, sondern auch in primitiven Feldspathen, im Glimmerkalk, in Topasen, Smaragden solche Einschlüsse vorhanden. Der Quarz ist oft sehr reich an improportionalen Libellen. Je langsamer er sich ausschied, desto durchsichtiger ist er und desto weniger Libellen besitzt er. — Der Schnee hat vielleicht auch nur seine analoge weisse Farbe, seine Undurchsichtigkeit erhalten, weil er auch gasig ist, aus Atmosphäre entsteht und mit mikroskopischen Luftblasen reich versehen sein dürfte. Kochsalz, das sich am Strand aus flachen, luftbewegten Lagunen absetzt, sieht aus gleichem Grunde weiss, es hat viel Mutterlaugen und Lufteinschlüsse; Steinsalz, das in der Tiefe in mit Salz übersättigter Lauge langsam auskrystallisirt, hat wenig Flüssigkeits-Lufteinschlüsse und ist deshalb durchsichtig. Doch kann Steinsalz, weil kalten, ruhigen, wässrigen Ursprunges, keine oder nur wenige und dann proportionale Libellen besitzen.

Woraus bestehen nun diese Flüssigkeits-Einschlüsse der Urgesteine? Deren Natur ist von Vogelsang und Sorby unabhängig voneinander entdeckt worden. Erstens aus flüssiger Kohlensäure. Es steht die Anwesenheit der flüssigen Kohlensäure nicht bloss durch chemische Analysen, sondern auch durch optische und spectralanalytische Eigenschaften und namentlich durch ihr merkwürdiges Ausdehnungsvermögen bei bestimmten Temperaturen fest. Sie dehnt sich nämlich bei 30<sup>o</sup> C. von 100 auf 150 Volumina, bei 32<sup>o</sup> dagegen schon auf 217 aus, hat also die 780fache Ausdehnung des Wassers. Nun kann aber flüssige Kohlensäure, also CO<sub>2</sub> nicht aus wässriger Lösung entstehen, weil sie darin als H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> enthalten ist, wie man aus analogen Säuren schliessen muss. Wir vermögen nur gasförmige CO<sub>2</sub> bei 0<sup>o</sup> und einem Druck von 36 Atmosphären flüssig zu machen. Indess möchte ich warnen, daraus die Folgerung zu ziehen, dass, weil Kohlensäure in gasogenen Gesteinen flüssig enthalten ist, sie ihre Entstehung einem ungeheuren Atmosphärendruck verdankt. Sie müsste nemlich dann auch in grösseren Parthien, nicht bloss mikroskopisch, in den Urgesteinen vorhanden sein.

Doch berechnen wir einmal annähernd den Atmosphärendruck, der existirt haben muss, als alles Wasser gasförmig war. Ein Atmosphärendruck unsrer heutigen Luft beträgt 15 Pfund = 7,5 Kilo pro Quadrat Zoll; 1 □" = 7,5 □cm. (im Durchschnitt); die Wassermenge, wenn sie unsern Erdball gleichmässig bedeckt, sei reichlich mit 2000 m. Tiefe angenommen; eine Wassersäule von 7,5 □cm. und 2000,00 m. = 1500000 Cubikm. Da nun 1 Liter Wasser = 1000 Cubikm. = 1 Kilo ist, so wären dies 1500 Kilo, d. h. da 1 □" 7,5 Kilo Atmosphärendruck auszuhalten hat, würde dies 200 Atmosphären entsprechen. — Aber es ist unwahrscheinlich, dass verschiedene Atmosphären auf einem rotirenden Planeten übereinander lagerten, zumal Gase sich stets — selbst wenn Bewegung nicht stattfindet — zu diffundiren bestreben. Wir müssen uns die heutige Luftatmosphäre sowohl wie die Wasseratmosphäre als Residuum der chemischen Prozesse einer glühenden Atmosphäre vorstellen, die bei gasogener Gesteinsausscheidung stattfanden. Wohl während der selenogenen Periode kann die

200fache Dampfatmosphäre mit Kohlensäure und Luft gemischt existirt haben, von der sich infolge starker Ausstrahlung von Hitze eine unterlagernde, trockne Schicht mechanisch getrennt haben muss, nicht aber vorher in der gasogogenen Periode, als sich also in den entstehenden Gesteinen auch flüssige Kohlensäure bildete; letztere musste also, wenn man sie als unter einem enormen Druck entstanden erklären will, sich nur durch den Druck gebildet haben, den die damals gleichmässige Atmosphäre auf sich selbst, resp. auf ihre untersten Schichten geübt hat, und der dürfte allerdings ein enormer, mehrtausendfacher gewesen sein; dann müsste aber in den zuerst entstandenen Feldspath-Urgesteinen viel, in den zuletzt gebildeten wenig oder keine flüssige Kohlensäure enthalten sein. — Aber die Natur macht keine Sprünge, die gasogogene Periode ist nicht ohne Uebergang zur selenogogenen Zeit. Die zuletzt sich bildenden gasogenen Gesteine hatten dennoch einen fremden, mindestens 200fachen Atmosphärendruck. Ob letzterer aber bei Rothgluth genügt, um Kohlensäure flüssig zu machen, steht dahin, ja es ist unwahrscheinlich, weil einerseits sonst in der selenogogenen Periode keine trockne Kohlensäureatmosphäre direct über der glühenden Erdkruste gewesen sein konnte, die aber schon wegen des glühenden Urkalkes dagewesen sein musste, und weil andererseits ein Meer von flüssiger Kohlensäure damals nicht existirt haben kann; denn sonst wäre letztere öfter in Urgesteinen in grösseren Mengen eingeschlossen.

Wir wissen noch zu wenig über den Vorgang chemischer Prozesse bei glühend-gasförmigen Körpern. Wir haben kein Recht anzunehmen, dass flüssige  $\text{CO}_2$  einfach comprimirt sei, sondern können sie nur, wie wir bei gasogenen Einschlüssen noch mehrmals schliessen müssen, als durch chemische Prozesse direct entstanden betrachten. Es ist der Wissenschaft förderlicher, die Unwissenheit einzugestehen, als aus offenbar beschränktem Wissen übereilte Schlüsse zu ziehen. Wir haben nur schwache Anhaltspunkte zur Erklärung flüssiger Kohlensäure in Krystallen, wenn wir von dem wunderbaren Atmosphärendruck absehen, der bei Rothgluth, um Kohlensäure flüssig zu machen, vielleicht ein hunderttausendfacher sein müsste. Eins möchte ich andeuten: damit chemische Reaction zwischen zwei Körpern stattfinde, bedarf es fast stets einer bestimmten Temperatur; ist letztere nicht passend, so reagieren sie nicht aufeinander. Wenn nun zweierlei Substanzen in dem Quarzkrystall, der sich z. B. vor Weissgluth aus Gasen auskrystallisirt hätte, eingeschlossen wären und diese zwei Stoffe erst bei schwacher Rothgluth aufeinander chemisch wirkten, so müsste Kohlensäure, die sich dabei entwickelte, weil sie im festen Krystall eingeschlossen ist, flüssig werden.

Betrachten wir die nächsten mikroskopischen Einschlüsse, so tritt zunächst Kochsalz und Chlorkalium in Gesellschaft einer Flüssigkeit auf, die vermuthlich Wasser ist. Indess sind diese Flüssigkeiten oft sauer und zuweilen tritt Salzsäure gar rein als mikroskopischer Einschluss auf und zwar, was nicht zu vergessen ist, neben improportionalen Libellen, die den heissen, gasigen Ursprung anzeigen. Reines Wasser ohne Salze tritt wohl nicht als Einschluss neben Libellen auf; H. Davy wies fast reines Wasser durch Gefrieren und den Aufthauungspunkt, aber nur in zweifellos vulkanischen Gesteinen nach. — Findet sich wässrige Lösung von Chloralkalien neben Libellen, so kann man aus der Temperatur, bei welcher die Libelle verschwindet, ungefähr berechnen, wie stark die Lösung ist; Sorby giebt für einen bestimmten Fall, bei Gehalt von 25% Chloralkalien,  $219^\circ \text{C. an}$ . Indess sind die meisten mikroskopischen Flüssigkeitseinschlüsse (Mikrofluida) übersättigt und mit Salzkristallen versehen, ja zu-

weilen ohne Wasserbegleitung, sodass man nicht von einer Lösung reden sollte, sondern die nebeneinander befindlichen chemischen Stoffe, Fluidum und Krystall, als Resultate wechselseitiger chemischer Zersetzung betrachten müsste. Es lassen sich z. B. folgende Prozesse vermuthen:  $\text{NaHO} + \text{HCl}$  (oder  $\text{Na}_2\text{O} + 2\text{HCl}$ )  $= \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ , oder, z. B.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ , wofür die gelegentliche Anwesenheit der salzsäurehaltigen Mikrofluida mit Kochsalz und mit oder ohne Begleitung von Kohlensäure und wenig Wasser spricht. — Chlorkalium wurde z. B. von Sorby, (Zirkel l. c. S. 57 u. 58) in einem Nephelin-Krystall ungemein reichlich gefunden; die Krystallmasse betrug  $\frac{1}{3}$  des Liquidum oder ungefähr viermal soviel, als sich aus einer kochenden Chlorkaliumlösung ausscheidet. Daraus kann man schliessen, sagt Zirkel, welche hohe Temperatur bei Entstehung der Nepheline existirt haben muss; denn sie ist unbedingt nöthig, um eine so beträchtliche Menge von Salz aufzulösen. — Nach schwacher Rothgluth hatten sich vier Krystalle eines solchen Flüssigkeitseinschlusses gelöst und waren später als ein Krystall aufs Neue auskrystallisirt. Bei starker Rothgluth wurde das Präparat zerstört; wir haben also hiermit einen Anhalt, welche Temperatur mindestens geherrscht haben muss, als sich die Urgesteine aus glühenden Gasen niederschlugen.

Wir haben aber auch Beweise, dass die damalige Entstehung der Gesteine nicht aus einer wasserhaltigen Atmosphäre stattfand, dass mithin auch Wasser, wo es sich als begleitendes Mikrofluidum findet, das Resultat wechselseitiger chemischer Prozesse ist. Brewster fand nämlich, als er Schwerspathkrystalle schliiff, welche eine makroskopische Flüssigkeit enthielten, und diese in Tröpfchen ausspritzte, dass jedes Tröpfchen sich in einen festen Schwerspath-Krystall von gleicher Grösse umwandelte (l. c. 63). Es darf also die Beimischung von Wasser gar nicht angenommen werden. Aehnlich ist es beim Flusspath beobachtet. Es ist dies eine Erscheinung, die wir z. B. auch bei Rosenöl- und Anisöl-Stereopten-Krystallen kennen; wenn letztere erhitzt — destillirt — in flüssigen Zustand versetzt sind, findet die plötzliche Erstarrung oft dann erst statt, wenn dieses langsam erkaltete Krystallfluidum aus dem abgeschlossenen Raum — einer Flasche — befreit oder letztere geöffnet wird. Umgekehrt kann man auch gefrorenes Anisöl in gut verschlossenen Flaschen, so lange man den Verschluss nicht öffnet, im Sommer fest erhalten, also weit über seinem Schmelzpunkt; gehört dies auch nicht direct zu unsern Betrachtungen, so wirft es doch ein Licht auf die Verschiedenheit der Krystallisations-Bedingungen. Man kann also selbst bei starker Kälte Anisöl in früher verschlossenen Flaschen flüssig erhalten. Wenn wir dieselben Eigenschaften bei anderen Krystallfluida (d. h. Flüssigkeiten, die ohne Residuum, ohne Mutterlauge, völlig fest werden können), z. B. bei gewissen geschmolzenen Metallen nicht bemerken, liegt es vielleicht nur daran, weil wir diese nicht in durchsichtige Flaschen giessen und beobachten können. Es geht nun daraus hervor, dass der Schwerspath und Flusspath (und gewiss alle Mineralien der Gangspalten, der Erzgänge in Urgesteinen) gasogenen Ursprunges sind und ohne Wassereinwirkung entstanden; denn es existirt keine Lösung, aus der sie auskrystallisirten. — Es schliesst dies natürlich nicht aus, dass Flusspath, Quarz etc. ausserdem auch secundären, neptunischen Ursprunges sein können; denn sie sind nicht ganz unlöslich in Wasser und können sich dann auch wie Kalk wiederum auskrystallisiren, wobei aber Mikrofluida ohne Libellen oder ohne improportionelle Libellen auftreten müssten; ebenso vermuthet Credner, dass Schwerspath neptunisch aus schwefelsauren Alkalien und Wi-

therit oder Chlorbarium entsteht; dies könnte indess höchstens nur die erdige, dichte Varietät sein, da Schwerspath sich so auffallend schnell niederschlägt und nicht wasserlöslich ist. Das Vorkommen in durch Abkühlung entstandenen Gangspalten lässt indess mehr auf ein späteres, wasserfreies Entstehen durch aus dem Erdinnern aufsteigende, heisse Gase schliessen.

Es sind als Zeichen früherer gasogenen chemischen Reactionen jene Mikrofluida auch recht beachtenswerth, die zweierlei Flüssigkeiten enthalten; Brewster fand solche in Topasen; die eine hielt er für einen Kohlenwasserstoff, die andere ist jedenfalls flüssige Kohlensäure. Sorby fand zweierlei Flüssigkeiten nebeneinander mit Libelle nicht selten in Gangquarzen und Beryllen. Im Granitgneiss und Topasen sind ebenfalls mikroskopische Doppeleinschlüsse, von denen aber der eine Theil wie fest erscheint, vielleicht ein halberstartes Krystallfluidum analog Schwerspath ist. Nach Zirkel hat Letzteres auffallende Aehnlichkeit mit Glaseinschlüssen; da diese indess sonst in Urgesteinen fehlen, bedarf jene Ansicht noch weiterer Begründung. Auch Wasser findet sich öfters mit viel Kohlensäure gemischt und schliesslich sind neben Libellen führenden Mikrofluida zuweilen mikroskopische Blasen von reinem Gas im Krystall. Alles deutet auf Wechselwirkung zweier chemischen Verbindungen, die wir bei unsren wenigen Kenntnissen der Pyrochemie höchstens ahnen dürfen. Waren früher, wie ich vermuthe, glühende Wasserstoffverbindungen über dem Erdball, so sind selbst Vergesellschaftungen wie flüssige Kohlensäure mit Wasser leicht als Reactionen von Kohlenwasserstoffen unter Einwirkung nascirenden Sauerstoffes erklärbar, ähnlich auch flüssige Kohlensäure neben Kohlenwasserstoffen.

So massenhaft — wenn auch dem unbewaffneten Auge unsichtbar — nun diese Mikrofluida mit Kochsalzeinschlüssen in Urgesteinen, namentlich Quarzen, sind — Pfaff fand 0,11 bis 1,18 Prozent —, so sind sie doch so dicht, namentlich in dem kaum verwitternden Quarz, eingeschlossen, dass durch Auskochen mit Wasser ohne vorheriges Pulverisiren der Gesteine sich keine Spur Chlor nachweisen lässt. — Ausserdem hat die mikroskopische Geologie in vielen Graniten den chlorhaltigen Apatit in nadelförmigen Krystallen als sehr häufigen, wenn auch nicht constanten Bestandtheil nachgewiesen; Apatit also, aus dem man durch kochendes Wasser auch kein Chlor entziehen kann. Wir sehen mithin Chlorverbindungen in den Urgesteinen vorhanden, selbst Kochsalz in mikroskopischen Einschlüssen, nie aber letzteres frei als selbstständige Masse in Urgesteinen. Ist letztere Thatsache immerhin auffallend, so muss es doch von jeher so gewesen sein; denn ausgelaugt konnte Salz nicht sein, wie ich früher zu zeigen suchte, da es sich eben niemals trotz vieler Revolutionen der Erdkruste in der selenogenen Periode als sichtbarer Einschluss findet.

Warum sind Chlorverbindungen wohl so mikroskopisch vereinzelt und selten in den Urgesteinen? Hätte sich Chlornatrium als solches aus der glühenden Atmosphäre niedergeschlagen, so müssten wir es nicht bloß als stellenweise Anhäufungen mitten in Urgesteinen eingeschlossen finden, sondern es müsste auch in anderen Krystallen als mikroskopischer Einschluss ohne Wasser vorhanden sein, etwa wie es der Apatit ist. Beides ist nicht der Fall; deshalb können die verschiedenen Substanzen in Mikrofluida nur Resultate wechselseitiger Zersetzungen sein. Wenn man die Entwicklung der Granite, Gneisse etc. aus einer glühenden Atmosphäre annimmt, muss man berücksichtigen, dass Chlor im Verhältniss zu den Elementen, die unsre Erdkruste hauptsächlich bilden, also Si, Ca, Na, Al, O, in zweiter Reihe H, C, Fe, Ka, Mg, S, doch ein verhältnissmässig seltenes Element ist, das aber nach dem Fluor die grösste

chemische Bindefähigkeit zu allen andern Elementen besitzt, sodass es sich zu allererst verbunden haben muss und in der That finden wir es in allen Graniten, Gneissen, überhaupt in allen Feldspathgesteinen und Hornblendes, in primitiven Thonschiefern, wo es gemäss seiner Seltenheit ursprünglich überall zerstreut entweder hermetisch in Mikrofluida (als Chloralkalien) eingeschlossen oder unlöslich in sauren, resp. nicht basischen Silicaten, wo es anstatt O oder  $\text{SiO}_2$  spurweise chemisch gebunden ist.

Es ist an Silicatgesteine so fest gebunden, dass es, obgleich es sich neben Na oder Ka darin befindet, doch nicht als Kochsalz oder Chlorkalium durch Kochen zu entfernen ist, ebensowenig wie aus dem Apatit, in welchem Chlor neben Phosphorsäure etc. an Kalk nicht wasserlöslich gebunden ist, trotzdem Chlorkalium das wasserlöslichste Salz ist. Chlor kann wasserlöslich oder unlöslich gebunden sein; ähnlich Verbindungen wie basisch kieselsaures Natron oder Kali, also Wasserglas, und kieselsaure Alkalien, also Glas, von denen ersteres in Wasser löslich, letzteres unlöslich ist. Erst durch Verwitterung erhalten Quellwasser aus chlorhaltigen Urgesteinen Kochsalz. —

Die Existenz des Kochsalzes hängt vom Hitzegrad ab; wenn über Rothgluth erhitzt, wird es chemisch zersetzt. Deshalb muss es sich in den uns bekannten Urgesteine etwa bei schwacher Rothglühhitze gebildet haben, was sich auch aus Sorby's Untersuchungen über Chlorkalium S. 114 ergab. Dennoch können sich Urgesteine kaum erst bei Rothgluth gebildet haben; denn sie sind erst im Knallgasgebläse schmelzbar und bei uns unbekanntem Hitzgraden dürften sie erst dampfförmig sein. Oder aber man muss annehmen, dass sich ein Krystall aus einer kühleren Atmosphäre niederschlägt, als sein Schmelzpunkt ist und sein gasartiger Zustand unabhängig vom Siedepunkt ist. Dies ist bekanntlich beim Wasser der Fall, das zwar erst bei  $100^\circ$  siedet, vorher bereits verdunstet, aber unter  $0^\circ$  erst sich in Schnee verwandelt. Es müssen sich die Urgesteine vor der Knallgashitze niedergeschlagen haben, weil sich in ihnen, wie das Mikroskop lehrt, keine Schmelzflüsse finden; letztere treten erst mit den eruptiven Gesteinen auf und zwar um so häufiger, je neueren Datums diese sind; parallel damit verschwinden die Mikrofluida immer mehr, woraus man nur schliessen kann, dass die Hitze behufs Erzeugung von Eruptionen immer grösser ward, je später die vulkanischen Ausbrüche stattfanden. Je grösser sich die Hitze in den späteren Eruptionen entwickelte, je mehr Glaseinschlüsse auftreten, um so mehr verschwinden mit den Mikrofluida auch die Kochsalzeinschlüsse, weil sie durch grössere Hitze chemisch zersetzt werden. Dafür treten grössere Gasblasen infolge heftiger nachträglicher Zersetzung unter Wassereinfluss um so häufiger auf. Es resultirt also daraus, dass die Urgesteine sich nicht aus feuerflüssigem Magma gebildet haben; plutonische Gesteine müssten Glaseinschlüsse haben, und porös sein, können keine Mikrofluida besitzen. Da dies nun auf Urgesteine nicht passt, können sie auch nicht plutonisch sein. (Plutonisch = glühendflüssig, nicht glühendfest).

Der berühmte englische Chemiker Sir Humphry Davy hat Beobachtungen über Einschlüsse von Flüssigkeiten in Quarzkrystallen bereits 1822 publicirt (Annales de chimie et de physique XXI. 132); da dies also lange bevor die Geologen durch Mikroskopie die Mikrofluida mit Libellen fanden, geschah, hat er zuerst in Urgesteinen die Vacuolen, die expansiven Gase und die Naphta, (Kohlenwasserstoffe) entdeckt, auch darauf hingewiesen, dass Bergkrystalle und Urgesteine nicht neptunisch sein können. Betrachten wir seine Untersuchungen mutatis mutandis mit Rücksicht auf den damaligen

Standpunkt der Chemie. Es finden sich zuweilen in grossen Bergkrystallen auffällende Höhlen, die Flüssigkeit enthalten und die absolut gegen Aussen abgeschlossen sind; die grösste Höhle war von  $\frac{1}{3}$  Zoll Durchmesser und pyramidal von Gestalt; eine andre konnte, nachdem sie angebohrt war, 74,5 Grains Quecksilber fassen; die Flüssigkeit letzterer Höhle wurde durch 48,1 Grains ersetzt und ihr Luftraum von 26,1 Grains Quecksilber erfüllt. Sobald die Höhlen unter Wasser geöffnet wurden, stürzte in den meisten Fällen das Wasser mit Gewalt hinein, was uns den ganz oder theilweis luftleeren Raum beweist; der Luftraum einer Höhle wurde einmal durch das gelegentlich der Perforation hereinstürzende Wasser von  $\frac{1}{8}$  auf ein  $\frac{1}{25}$  reducirt; in dem Rest des Gases vermuthete er Stickstoff; in der Flüssigkeit fand er Wasser und schwefelsaure Alkalien.

In einem andern Bergkrystall fand er  $\frac{9}{10}$  der Höhle mit Flüssigkeit gefüllt, etwa  $\frac{1}{10}$  aber mit einem gespannten Gase ( $\text{CO}_2$ ), das sich nach Durchlöcherung der Krystallhöhle um das ungefähr zwölffache Volumen vermehrte. In der Höhle, die  $\frac{1}{3}$  Zoll Durchmesser hatte, war  $\frac{1}{6}$  des Hohlraums nur mit Flüssigkeit gefüllt, die bei der Oeffnung, nachdem in den hohlen Raum das Wasser gestürzt war, krystallisirt gerann, (se congelait) und sich trübte, worauf er die Flüssigkeit nach Naphta riechend fand und, erwärmt, sie theilweise mit weisslicher Flamme verbrannte. — Dagegen fand er die Hohlräume in Chalcedonen, welche aus einem nachweislich vulkanischen Gesteine entnommen waren, grösstentheils nicht abgeschlossen, sodass Wasser etc. in sie eindringen konnte, auch fand er darin ziemlich viel Wasser, das fast rein war und von ihm zu Eis krystallisirt wurde.

Diese meist durchlöchernten, kleinen Blasen in vulkanischen Gesteinen sind ein Resultat der Gluthflüssigkeit: sowohl die Mikrofluida mussten bei der grösseren Hitze, die der Feuerfluss von Urgesteinen bedingt, zerstört werden, als auch das von der Erdoberfläche in das glühendste Erdinnere eindringende Wasser, welches die Gluthflüssigkeit überhaupt erst veranlasste, musste solche Blasen im Schmelzfluss erzeugen. Da nun aber Urgesteine nie solche durchlöchernte Blasen besitzen (in Harmonie mit den fehlenden Glaseinschlüssen), können sie auch nicht plutonisch sein, trotzdem sie unzweifelhaft bei grosser Hitze, vermuthlich über Rothgluth, entstanden sind. Neptunisch können sie auch nicht sein, wie ich ausführlich zeigte, mithin muss ein dritter Entstehungszustand existiren: aus glühenden Gasen krystallisirten sie aus.

Ueberhaupt, wenn sich je Quarz, Feldspath, Glimmer aus einem glühenden Fluidum ausgeschieden hätten, müssten sie es auch heute noch thun, sei es entweder aus Lava oder aus im Knallgasgebläse künstlich geschmolzenen Granit und Gneiss. Es ist dies nicht der Fall, weil sich beim Schmelzen die chemische Natur des Granites verändert; statt eines Gemenges dreier chemisch verschiedener Mineralien entsteht mehr oder minder eine einzige chemische Verbindung: die Lava, der Basalt, der Obsidian, also Glasarten, die einen bedeutend niedrigeren Schmelzpunkt haben als die einzelnen Bestandtheile des Granites und Gneisses, aus dem sie doch entstanden, nämlich  $1200-1500^0$ , während letztere kaum im Knallgasgebläse schmelzen, was im Innern der Erde durch Druck befördert zu werden scheint. Unsr Urgesteine können nie feuerflüssig gewesen sein, sie sind es erst nachträglich durch Wassereinfluss bei Glühhitze und Druck zuweilen geworden, sie müssen mithin, da sie dennoch unter enormen Hitzgraden entstanden, aus Gasen auskrystallisirt sein. Die Mikroskopie beweist also indirect, weil sie zeigt, dass Glaseinschlüsse in Urgesteinen fehlen, dass das

Erdinnere nicht flüchtig ist. Weiterhin dürfen wir daraus folgern, dass überhaupt kein flüchtiger Zustand des ganzen Erdballes stattgefunden hat, nicht etwa bloss weil schwerflüssige Körper nicht rotiren können, ohne mindestens scheibenförmig zu werden, nicht bloss weil nach vulkanischen Ausbrüchen nicht das schwerere Erdinnere flüchtig nachfolgt, sondern auch, weil wir nur berechtigt sind, die Entwicklung unseres Erdballes in früheren räthselhaften Zeiten uns so vorzustellen, wie sie unsren Forschungen gemäss nach diesen Zeiten bekannt geworden und enthüllt ist. Eine andre Annahme wäre ein Apell an ein Wunder, es wäre Glauben, nicht Wissenschaft.

Es ist beachtenswerth, dass im Feldspath so wenig Salz und Flüssigkeitseinschlüsse sich finden, im Quarz dagegen deren so viele sind. Im Feldspath sind die Spuren des ursprünglich vielleicht mechanisch beigemischten Chlors offenbar an den Feldspath selbst chemisch gebunden. — Für die Entwicklung der organischen Welt ist es von hoher Bedeutung gewesen, dass Feldspath sich leicht zersetzt und Quarz sehr schwer. Im Sand sind Mikrofluida mit Kochsalz zum grossen Theil noch eingeschlossen. Wäre es anders, so hätten wir statt  $3\frac{1}{2}\%$  vielleicht  $6\%$  Salzgehalt im Meer, die Vegetation hätte viel eher dem Ocean entfliehen müssen und wäre eine ganz andre geworden.

Wenn man sich die Urgesteine als neptunisch vorstellt, müsste eine unbeschreibliche Mutterlauge als Meer zurückgeblieben sein: ein Gemisch zahlloser wasserlöslicher Salze; aber alle in der Natur sich findenden wasserlöslichen Salze, deren im Ganzen doch nur wenige existiren, sind secundäre Produkte und meist Hydrate mit Krystallwasser.

Ich hebe dies hervor, weil man zuweilen der Ansicht begegnet, als sei das Salzmeer eine Mutterlauge der Urgesteine. Nun sind allerdings Quarz und Feldspath wasserfreie Mineralien, die auch aus wässriger Lösung in Krystallen herzustellen sind; von Glimmer weiss ich nicht, ob es gelungen ist, ihn künstlich aus Lösung zu erzielen. Man darf also sagen, Quarz und Feldspath könnten möglicherweise neptunisch sein, zumal wir deren gasogene Entstehung nur hypothetisch behaupten und wohl indirect, aber noch nicht durch Experimente beweisen können. Das Fehlen der Hydrate in Urgesteinen halte ich dennoch für einen wichtigen Beweis, dass letztere nicht neptunisch sein können.

Wenn auch Quarz und Feldspath wasserfrei sind und ausnahmsweise neptunisch sein können, so beweist dies doch keineswegs, dass, wenn man Granit und Gneiss sich neptunisch denken wollte, wasserhaltige Salze darin fehlen müssen. Ich könnte mir, wenn ich mir die Urgesteine als neptunisch vorstellen soll, die Erze, die sich in Begleitung der Urgesteine finden, meist nur als wasserlösliche krystallisirte Salze, namentlich die Schwefelverbindungen nur als schwefelsäurehaltige Metallverbindungen mit Krystallwasser ausgeschieden denken. Eisenvitriol müsste z. B. viel häufiger als Kochsalz existiren; das Meer müsste neben Kochsalz namentlich viel mehr Alaun, Glaubersalz und Wasserglas enthalten. Es müssten dann eine Menge Metallsalze in Urgesteinen sich finden, die wir wohl künstlich chemisch aus wässrigen Lösungen darstellen können, die aber nie in der Natur vorhanden sind. Und weil wir solche eben nicht finden, können Urgesteine auch nicht neptunisch sein. —

Auch darf man sich den Gr. phit, der sich in Urgesteinen findet, nicht aus Pflanzen entstanden denken, denn er ist krystallisirt, während vegetabilische Kohle amorph ist. Der Graphit wird als Beweis angeführt, dass zur Urgesteinszeit organisches Leben geherrscht habe; dies halte ich indess für irrig, denn der Graphit substituirt hauptsächlich Glimmer, zum Beispiel im

Graphitgneiss, theils findet er sich schiefzig zwischen Glimmerschiefer und Gneiss.

Andererseits ist für organisches Leben — das ohne Wasser unmöglich ist — während der laurentischen Zeit angeführt worden, dass es bitumenhaltigen Gneiss giebt. — Bitumen, Erdpech, Petroleum entsteht zwar zuweilen aus Pflanzenkohle indirect, in der Hauptsache sind sie aber anderer, directer Entstehung. Petroleum braucht nicht blos ein directes Destillationsproduct der Kohlen zu sein und Erdpech ein Oxydationsproduct des Petroleum, oder Bitumen und Erdtheer ein nachträgliches Zersetzungsproduct in Gesteinen eingeschlossener Organismen. Ich bin der Ueberzeugung, dass Kohle, wenn sie mit Wasser unter Abschluss und unter Druck geglüht wird, sich unter Umstellung der Molecüle, unter chemischer Aufnahme von H und O, in jene Producte verwandelt, namentlich auch in aetherlösliche Paraffin- und Erdpechproducte, je nachdem wieviel Wasser in der Kohle vorhanden ist und wieviel und welche von den Elementen des Wassers sich an den neuen chemischen Verbindungen theiligen.

Ich fand am Pechsee auf Trinidad und auf Java bei Surabaya, wo auch bituminöser Erdtheer hervorquillt, diese Producte stets in Gesellschaft von gebrannten Thongesteinen. Asphalt kann am Pechsee kein Oxydationsproduct des Petroleum sein, weil letzteres dort fehlt, ebensowenig Petroleum in den Vereinigten Staaten ein einfaches Destillationsproduct aus Kohlen; dazu tritt es in viel zu grossen Mengen auf; es kann, wo es in Mengen aus ältesten Gesteinen \*) hervortritt, nur ein Umwandlungsproduct des Graphites oder Anthracites sein. Aeltere Kohlen enthalten sehr wenig (3%) H und O, könnten also nur wenig Petroleum durch trockne Destillation abgeben.

Wenn Wasser ins Erdinnere eingedrungen ist, wird es dort in seine Elemente zersetzt, wobei ein Theil des aus Wasser freigewordenen Sauerstoffes, vermuthlich im Erdinnern durch Metalle chemisch gebunden, absorbiert wird, sodass derart vorwiegend nur Wasserstoff zu einem Kohlen- oder Graphitlager glühend gelangen kann; damit ist die Entstehung von vielem Petroleum ungezwungen erklärt.

Wäre Petroleum in Pensylvanien nur ein allmähiges Zersetzungsproduct, so müssten, da im Devon nur Anthracitlager sich finden, diese naheliegend und von einer Mächtigkeit sein, die unfassbar enorm sein müsste, denn Anthracit könnte derart höchstens 4% Petroleum erzeugen. Anthracitlager aber sind an und für sich selten und wenig mächtig.

Petroleum bildet sich indess selten auch auf anderem als auf kryptoplutonischem Wege. In Kohlenlagern sehen wir es sparsam entstehen und sich zu Asphalt oxydiren. Gerade letzteres sparsame Erscheinen ist ein Beweis, dass die häufigere Art des Entstehens eine ganz andre ist. Während das kryptoplutonische Petroleum entstand, indem grosse Mengen freien Wasserstoffes auf fast wasserstofffreien Kohlenstoff einwirkten und so die Lager des Letzteren, sei es Graphit oder Anthracit, vollständig chemisch zersetzen und aufbrauchten, kommt in Steinkohlenlagern nur soviel oder vielmehr so

\*) In den Oildistricts, südlich vom Eriesssee, stehen die unterirdischen Läufe, Spalten oder Höhlen mit Petroleum auf ungeheure Strecken miteinander in Communication, derart dass, wenn in einer Gegend zu viel Oel gepumpt wird, die „Wells“ in andren Gegenden versagen, sodass Arrangements nöthig waren; in Oilcity z. B. pumpt man jetzt nur zwei Stunden täglich und wechseln die verschiedenen Besitzer mit der Arbeitszeit.

wenig Petroleum vor, als aus dem geringen Quantum des in der Kohle noch chemisch gebundenen Wasserstoffes resultiren kann. Wasser liefert dann keinen Wasserstoff an die Kohle ab, es zersetzt sich nicht chemisch. Nur indem die Reste von H und O bei der Verkohlung der Organismen entweichen, bildet sich neben gasförmigen Kohlenwasserstoff- und Kohlensäurestoffverbindungen auch etwas Petroleum, also ein flüssiger Kohlenwasserstoff. Ausserdem ist solches Petroleum von verschiedenen Oxydationsproducten desselben, Theer und Asphalt begleitet, was sich leicht aus seiner allmälligen Entstehung unter Einfluss von mit Sickerwasser oder sonst zugeführter Luft erklärt, zumal organische Kohlen selbst 6—20% Sauerstoff enthalten, während das Petroleum, das in Pensylvanien im Devon sich findet, aus fast sauerstofffreiem Kohlenstoff entstanden sein muss und infolge einmaliger, schneller, kryptoplutonischer Bildung eine gleichmässige Beschaffenheit — es ist bräunlich gelb, dickflüssig, enthält also auch etwas Sauerstoff — ohne begleitenden Theer oder Asphalt zeigt. Ueber dem pensylvanischen Petroleum finden sich in den Spalten nur Kohlenwasserstoffgase, darunter soll Salzwasser sein. Das Salzwasser kann ebenfalls vulkanischen Ursprung haben, denn der ganze Prozess, durch Meerwasser selbst veranlasst, liefert schliesslich nebenbei wiederum Salzwasser.

Analog dem Petroleum muss auch der Asphalt Trinidads entstanden sein; er enthält nur mehr Sauerstoff. Zur Umbildung mancher Paraffine aus jüngeren Kohlen, die vielmehr H und O enthalten, bedarf es vielleicht nur des Druckes und grosser Wärme, da sie den Fundorten gemäss kaum vulkanisch sein können.

Das massenhafte Vorkommen von Asphalt auf Trinidad beweist unwiderleglich, weil dort Petroleum fehlt, dass seine Bildung nur durch vulkanische Einflüsse geschah. Bedingt Petroleum, wenn es massenhaft auftritt, die Zuführung von ungeheuren Mengen Wasserstoff, die entstanden, indem Wasser im glühenden Erdinnern chemisch zersetzt und dessen Sauerstoff dort chemisch an Metalle gebunden war, so kann das alleinige enorme Vorkommen von Asphalt am Pechsee nur so erklärt werden, dass Wasser wohl im Innern der Erde in seine Elemente zersetzt, dabei aber nur wenig Sauerstoff gebunden wurde und dann das glühende Gasgemenge in abgeschlossene Kohlenlager gelangte. Gerade auf Trinidad am Pechsee und auch entfernt davon an der Südküste sind gebrannte Thongesteine häufig; sie sind zweifelsohne ein Product brennender Gase; denn sie finden sich dort, wie man am Strand sehen kann, häufig und auch entfernt von den Orten, wo Asphalt schliesslich hervorgepresst ist; Kohlenlager aber sind nirgends dort sichtbar; sie waren tief in der Erde, haben nicht etwa durch Selbstentzündung benachbarte Thongesteine gebrannt.

Man darf alle diese Kohlenwasserstoffverbindungen in der Hauptsache nur als directe Umwandlungsproducte durch chemische Umlagerung der Molecüle ansehen. Ich erinnere daran, dass man Benzol, einen Hauptbestandtheil des Petroleum, synthetisch darstellen kann, indem man Acetylen bis zur Glühhitze, wo Glas schmilzt, erhitzt; aus 3  $C_2H_2$  wird  $C_6H_6$ ; Acetylen dagegen entsteht gleichfalls synthetisch, wenn Kohlenmotore in Wasserstoffgas durch Electricität erhitzt werden.

Uebrigens sind bekanntlich Asphalt- und Petroleum-artige Kohlenwasserstoffe auch secundäre Kunstproducte, die in der Kohle selbst nicht vorhanden sind, erst bei der Gasfabrikation in Glühhitze entstehen. So wie wir diese künstlich darstellen, können sie sich unter bedingenden ähnlichen Verhältnissen — Compression und Glühhitze — auch natürlich bilden.

Ein Umwandlungsproduct von Kohle durch vulkanische Wärme ist vielleicht auch die Kännelkohle, die ich in den Vereinigten Staaten so hart und namentlich — im Gegensatz zu allen doch so sprüden Kohlen — so zähe gefunden, dass ich sie nur sehr schwierig mit dem Hammer zerschlagen konnte. Sie kann selbst aus chemisch reinem Kohlenstoff, etwa Graphit, entstanden gedacht werden; doch muss man zu ihrer Entstehung noch die Eigenschaft des Graphites berücksichtigen, dass er in amorphen Zustand umgewandelt werden kann, wenn man ihn mit chlorsaurem Kali und Schwefelsäure behandelt und dann stark erhitzt, worauf er sich um das 2—300fache seines Volumens aufbläht. Ich vermuthe, dass dies nur durch eine Zuführung von Sauerstoff geschieht. Geschieht dies in einem beschränkten Raum, also unter gewissem Druck, so kann die Ausdehnung auch nur eine beschränkte sein und die Masse kann derart zäh werden. So haben wir wenigstens einen Anhalt zur Erklärung der Entstehung jenes merkwürdigen Minerals. Indess zeigt englische Kännelkohle, unter dem Mikroskop pflanzliche Structur und wechsellagert mit andren Kohlen, sodass diese Erklärung für sie nicht passen kann. Druckverhältnisse von überlagernden Gebirgsschichten erklärt uns den verschiedenen Aggregatzustand dieser wechsellagernden Kohlen auch nicht; Ablagerung verschiedener Pflanzen scheint mir auch eine gewagte Erklärung für diesen Fall zu sein. Wir haben es hier gewiss mit combinirten Wirkungen eigener Art zu thun, wobei selbst locale Destillation durch Hitze unter Druck nicht ausgeschlossen sein dürfte. Es bleibt dies noch zu erforschen.

Wenn nun Gneiss, in welchem der Glimmer theilweise durch Graphit ersetzt war, in einer späteren Periode durch Revolutionen der Erdkruste dem glühenden Erdinnern nahe gebracht wurde, nachdem er vorher, vom Meer bedeckt gewesen, etwas eingedrungenes Sickerwasser enthielt, so kann letzteres dann auf den Graphit derart chemisch eingewirkt haben, dass Bitumen daraus entstanden ist; ist hierauf durch eine nachträgliche locale Erdrevolution dieser Gneiss wieder emporgehoben worden, so ist das einzige Vorkommen von bituminösem Gneiss bei Vermland in Schweden, wo derselbe vertical zu Tage ansteht, erklärbar.

Ich sagte, in's Erdinnere eingedrungene Wasser zersetze sich; Sauerstoff wird theilweise gebunden und Wasserstoff wird frei. Die Feuergarben spendender Vulkane dürften hauptsächlich nur aus solchem Wasserstoffgas und Knallgas bestehen, das herausgepresst und glühend sich an der Luft entzündet und zu Wasserdampf verbrennt.

Wäre Graphit, der also krystallisirt im Gneiss und Granit Glimmer vertritt, pflanzlichen Ursprunges, so müssten es auch der Feldspath und Quarz sein. Das ist aber eine so absurde Idee, dass ich nicht näher dagegen zu sprechen brauche.

Graphit kann aber auch deshalb nicht phytogen sein, weil er ohne Thonüberdeckungen zuweilen lagerweise vorkommt und es ganz unmöglich und gegen alle Erfahrung ist, dass sich der Kohlenstoff als solcher aus Pflanzen bei deren Verwesung im Wasser ohne geeigneten Abschluss durch Thon ausscheidet. — Es erklären sich die Krystalle, resp. die schuppig krystallinische Structur des Graphites nur auf dem Wege seiner Entstehung aus glühend heissen Gasen; wenn Grubengas,  $\text{CH}_4$ , durch Electricität ungeheuer erhitzt wird, scheidet er sich aus. Ebenso ist Gaskohle — welche sich an den glühenden Wänden im Innern der eisernen oder thönernen Retorten absetzt, und, feuerfest wie der Graphit, auch so dicht und zäh wie dieser ist, sodass in jeder Retorte eine zweite, natürlich entstandene Retorte aus Gaskohle sich bildet, die so dicht

und fest ist, dass selbst, wenn die eiserne oder thönerne Retorte rissig wird, kein Gas ausströmt, — auch nur ein Zersetzungsproduct von Kohlenwasserstoffgasen in der Glühhitze; Gaskohle ist deshalb nur von Graphit verschieden, weil sie unter andrem Druck sich bildet.

Unbezweifelbar zeigt aber der Hochofengraphit die pyrigene Entstehung des Graphites; letzterer ist vom natürlichem Graphit gar nicht zu unterscheiden, trotzdem er andren, obwohl auch pyrigenen Ursprunges ist; er bildet sich aus chemischen Verbindungen von metallischem Eisen mit Kohlenstoff. Wir haben aber gar kein Recht, wenn wir die künstliche Bildung eines Minerals kennen, wenn wir wissen, dass Graphit nur aus glühenden Verbindungen sich ausscheidet, eine andre Entstehungshypothese aufzustellen, wenn nicht widersprechende Thatsachen eine zweite Erklärung fordern. Dies ist beim Graphit nur anscheinend der Fall; er findet sich nämlich auch in Gesteinen, die zweifellos klastisch sind, d. h. in solchen, die durch Zertrümmerung älterer Gesteine entstanden und dann durch irgend ein Bindemittel fest wurden, was ohne Wasser nicht veranlasst sein kann, z. B. in der Grauwacke. Daher ist die Ansicht, dass er möglicherweise organischen Ursprunges sei, anscheinend nicht unberechtigt, zumal er sich alsdann meist in erdigem Zustande befindet. Man muss indess wohl auseinanderhalten, ob Glimmer und Graphit, die sich ebenso wie Eisenglanz, Talk und Chloritschuppen oder Hornblende in Urgesteinen substituiren, primitiven Ursprunges im Granit und Gneiss sind oder ob sie als klastisch betrachtet werden müssen. Wie sich Glimmer häufig angeschwemmt, gemengt in Thonerde und Sandsteinen findet, ebenso ist es mit Graphit und den andern Substituten für Glimmer, also Eisenglanz, Talk und Chlorit der Fall. Während sich nun Glimmer, Chlorit und Talk leicht wieder erkennen lassen, ist Eisenglimmer durch den Einfluss des Wassers zu Rotheisenerz geworden und der weiche Graphit theils erdig zerrieben, theils wahrscheinlich durch Contactmetamorphose zu Anthracit oder durch krypto-plutonische Einwirkung zu Asphalt geworden, welch letzterer sich ja auch bereits in den huronischen Gesteinen findet; oder der Graphit ist z. Th., wie sich vermuthen lässt, in Petroleum umgewandelt verschwunden, welches dieses im Reich der Organismen Verwendung fand. Nehmen wir an, dass eine grössere Anzahl von Graphitlagern vor Niederschlag des Wassers existirt habe, so mussten sie bald nachher verschwinden, weil Wasser und Gluth damals leichter auf sie einwirken konnten; wir haben dadurch eine Ursache früherer Erdumwälzungen mehr. Petroleum, in die Atmosphäre gelangt, wird schliesslich zu organischen Verbindungen zersetzt.

Nun giebt es aber Felsarten, die klastisch sind, welche die zerriebenen oder zertrümmerten Bestandtheile der primitiven Gesteine, also in der Hauptsache Quarz, Feldspath und Glimmer, noch wenig zerrieben enthalten, die aber durch irgend ein krystallinisches Bindemittel so fest cementirt sind — ich meine die huronischen Glimmerschiefer und Thonschiefer —, dass sie den archaischen, gasogenen Gesteinen, also denen der laurentischen Formation, namentlich Urgneiss und Urgranit, ähneln; es ist daher nicht zu verwundern, dass Ultra-neptunisten beide Formationen gleichen Ursprunges hielten, und da huronische Gesteine zweifellos unter Wassereinfluss entstanden sind, gleiches auch für die laurentischen annahmen. — Forschen wir aber einmal darnach, wie die huronischen Gesteine so fest werden konnten, dass man sie als nicht klastisch betrachten konnte. Nachdem die gasogenen Gesteine soweit erkaltet, dass atmosphärische Wasser als Regen darauf einwirken konnten, erlitten sie hierdurch

eine verhältnissmässig rasche Zertrümmerung, weil heisses Wasser mehr auflösend wirkt, zumal wir es uns als heissen Regen, heftig auffallend und mit Luft gemischt denken müssen. Als die Erdkruste z. B. auf  $400^{\circ}$ — $150^{\circ}$  C. erkaltet war, konnte der Regen der kälteren Atmosphäre perpetuirlich niederfallen, ohne diese mässig heissen Gesteine lavaartig zu verändern; er konnte sich aber nicht als Wasser auf ihnen erhalten, verdampfte wiederum. So musste sich dieser Prozess wiederholen, bis die Erdoberfläche soweit erkaltet war, dass Wasser darauf bleiben konnte. Indess zur Abkühlung der Erdkruste von  $400^{\circ}$  bis zu  $100^{\circ}$  C. gehören viele Millionen Jahre, während welcher Zeit der fallende Regen ununterbrochen und sehr heiss auf die Urgesteine einwirkte. Anfangs unter dem eigenen 200 fachen Wasserdampf-Atmosphärendruck dürfte das Wasser erst bei  $2 - 300^{\circ}$  C. gekocht haben.

Ausserdem haben wir uns noch zu vergegenwärtigen, ob denn die gasogenen Urgesteine sich stets in so festem innerlichen Connex ihrer Bestandtheile befunden haben, wie heute. Muss nicht wie beim Gletschereis, wo aus Schnee Eis wird, ein analoger Verbindungsprozess der Krystalle stattgefunden haben? Die lockeren, aus der Atmosphäre ausgeschiedenen Krystalle verbanden sich schliesslich durch ihr eigenes Gewicht; die unterstliegenden sinterten am meisten zusammen, die obersten fast gar nicht. Mussten dann die obersten nicht bei Eintritt der heissen Regenperiode eigenartig modificirt, weggeschwemmt und z. Th. cementirt werden? Die derart abgelösten Trümmer sowohl, als die zusammengeschwemmten archaischen losen Krystallmassen wurden durch das ursprünglich salzfreie Wasser, in dem sich die Felsgesteine spurweis gelöst hatten, durch sein allmähliges Erkalten, wodurch die gelösten Spuren der Felsen auskrystallisirten, cementirt. Indess muss damals die Contactmetamorphose eine wichtige Rolle gespielt haben; die Abkühlungsspalten waren anfangs noch gar nicht ausgefüllt, das Wasser drang oft in das glühende Innere, und wenn es auch leichter als jetzt daraus wieder frei wurde, wie ich S. 104 zu zeigen suchte, so kamen doch gar oft die zusammengeschwemmten Trümmer mit glühenden Gesteinen in Contact. Dann bildete sich aus angeschwemmtem Kalk Marmor, aus angeschwemmtem Gemenge von Quarz, Feldspath und Glimmer dagegen Phyllite (Thonschiefer) und Glimmerschiefer, die ja nur eine ununterbrochene Reihe ähnlicher Gesteine darstellen, von denen das eine Ende solche Gesteine mit feinen, zerriebenen archaischen Bestandtheilen, mit mehr Thon und mit mehr neptunischen Bindemitteln z. B. Grauwacke erkennen lässt, während das andere Ende dieser Gesteinsreihe mit weniger zerriebenen Bestandtheilen — deshalb mehr glimmerhaltig und schiefrig — unter grösserem Einfluss der Contactmetamorphose entstanden zu den ausgeprägt krystallinischen Glimmerschiefeln und den Porphyroiden überführt. Es ist eine Reihe von Gesteinen, in denen sich alle Zertrümmerungen der gasogenen Gesteine in buntem Gemisch, wie es bei letzteren selbst nicht vorkommt, erkennen lassen, z. B. Hornblende-, Chlorit-, Talk-, Eisenglimmer-, Kalkglimmer-, Quarzit-, Graphit-, Kalktalk-, Kalkchlorit-, Kalkthonschiefer etc., ganz abgesehen von den vielen Combinationen infolge der verschiedenen Glimmer- und Feldspathsorten. Gerade dies spätere bunte Gemisch der früher local mehr gleichmässig auftretenden Bestandtheile der primitiven Gesteine ist ein Beweis, dass huronische Gesteine bereits klastisch sind.

Es ist daher ein falscher Schluss zu folgern, weil in den letzten huronischen Gesteinen und den Grauwacken sich bereits Organismen finden, dass der ebendort befindliche Graphit phytogen sei. Abgesehen davon, dass phytogene

Kohle amorph ist, Graphit aber stets seinen krystallisirten Ursprung selbst noch im erdigen Zustande durch Krystallflächenglanz verräth, ferner abgesehen, dass die damaligen Pflanzen nur schutzmittellose Wasserpflanzen gewesen sein müssen und deshalb gar nicht geeignet zur Kohlebildung waren, ein phytogener Ursprung von Kohle damals gar nicht möglich war, wäre es selbst, wenn man letzteren dennoch für möglich halten wollte, ein grosser Fehler, zu sagen, weil zwischen klastischem Gestein Graphit ist, muss der krystallisirte Graphit und die archaischen Gesteine auch neptunisch sein: letzteres ist, wie ich zeigte, aus einer Menge andrer Gründe unmöglich. Graphit hat genau dieselbe Entstehung aus glühenden Gasen wie Glimmer, Chlorit, Talk, Hornblende, Eisenglanz. Es wäre eine solche Beweisführung ebenso fehlerhaft, als wenn man sagen wollte: da unsre Bäume, wenn man sie verbrennt, auch Quarz- und Feldspath-ähnliche Bestandtheile neben den Kohlenverbindungen enthalten, müssen überhaupt die Feldspathgesteine aus Pflanzen entstanden sein. Aerger kann man Ursache mit Wirkung gar nicht verwechseln. Die Bäume enthalten diese mineralischen Stoffe in verschwindenden Mengen, weil sie dieselben dem Boden entnehmen; Wasserpflanzen entbehren fast derselben. Die Pflanzen der huronischen Zeit können indess nur Algen gewesen sein, und solche enthalten entweder Kieselsäure als Schutzmittel, wodurch sie sich dann (als Diatomeen) erhalten haben müssen oder sie sind kalkhaltig, nie aber haben sie — von dem damals fehlenden Salz abgesehen — andere mineralische Bestandtheile. —

Es sei mir erlaubt, da ich die Entstehung des verschiedenen in der Natur sich findenden Sorten des Kohlenstoffes und seiner mineralischen Verbindungen behandelte, auch noch einige Worte über den Diamant einzuschalten. Es ist von einigen Forschern als Consequenz der Meinung, dass aller natürlicher Kohlenstoff phytogen sei, auch die Ansicht aufgestellt worden, der Diamant sei ein pflanzliches Gebilde, etwa wie ein Harz; man hat sich durch die Aehnlichkeit gewisser Einschlüsse in Diamanten mit Zellgewebe, die wie H. B. Geinitz nachwies (vergl. Zirkel l. c. 255), ebenso gut rein anorganisch sein können und sich nicht selten in Mineralreich finden, täuschen lassen. Göppert, dieser verdienstvolle Paläontologe, hat sogar zwei algenartige Gebilde darin zu finden geglaubt und sie übereilt Protococcus adamantinus und Palmoglocites adamantinus getauft. Nun wir können sie ruhig zu so vielen anderen verspeculirten paläontologischen Spezies legen. — Ich möchte insbesondere noch darauf aufmerksam machen, dass man keine Pflanze kennt, die reinen Kohlenstoff in irgend welcher Form ausscheidet und dass alle rein organischen Verbindungen in lebenden Pflanzen unkrystallisirt sind, denn Kalkverbindungen mit organischen Säuren sind infolge der anorganischen Bestandtheile krystallisirt. Nur die von Nägeli sogenannten Krystalloide sind rein organischer Natur; sie finden sich fast nur in ruhenden, mit Reservestoffen angehäuften Zellen, z. B. Knollen und Samen; Cohn entdeckte sie z. B. in der Kartoffel; sie sind aber mikroskopisch klein und haben manche von Krystallen abweichende Eigenschaften. Diamant dagegen ist ein echter Krystall, ausgeprägter noch als Graphit krystallisirt und deshalb schon nicht organischen Ursprunges. Ich vermuthete S. 109, dass er sich bereits früher als Graphit aus heissen Gasen ausgeschieden habe, früher, weil er meist in grösseren und durchsichtigen Krystallen vorkommt, also jedenfalls ruhiger entstanden ist und weil er nicht gleichzeitig mit dem aus gleichem Stoffe bestehenden und anders klein-, schnell- und undeutlich-krystallisirten Graphit sich ausgeschieden haben kann; eine spätere Entstehung ist nicht möglich, weil er sich nur angeschwemmt, klastisch findet.

In Anschluss an die mineralischen Kohlenwasserstoffe will ich irrige Angaben über ein durch brennbare Gase erklärbares, ewiges Feuer berichtigen. In Mitteljava sollte laut Stein's berühmter Geographie ein solches sein, Merapi genannt (nicht mit dem Vulkan gleichen Namens zu verwechseln). Es ist beim Dorf Mintreng, Poststation Gombo und Kuwu, bei Demack nahe Poerwodadi, wohin man von Samarang reist. Der dortige holländische Resident geleitete mich persönlich dahin. Dieses Merapi ist durchaus nicht vulkanischer Natur, auch nicht solfatarartig, denn Schwefel und Wasserdämpfe fehlen, es entzündet sich nie von selbst, wie die Berichte lügen; es ist vielmehr ein einfaches Grubengas, das sparsam aus dem flachen Lande, das ehemaliger Meeresboden jüngster Hebung ist, entweicht und angezündet mit Spiritusflamme verbrennt, vermuthlich aus einem kleinen Kohlenlager entstehend. — Uebrigens sind die nahegelegenen bei Kuwu befindlichen sogenannten Schlammvulkane nicht jodhaltig. Es steigen Dampfblasen aus einem dadurch aufgeweichten, schlammigen Boden auf, die etwas bituminös riechen, was man für aufsteigende Joddämpfe gehalten hat; es ist keine Spur von Jod vorhanden, keine violetten Dämpfe, keine Stärke-reaction zeigt sich und es sind auch schon deshalb Joddämpfe unmöglich, weil Jod bei 180° erst siedet und dampfförmig wird, während der dort entweichende Wasserdampf nicht im geringsten gespannt ist. — Da ich einmal beim Corrigiren javanischer geologischer Fabeln bin, will ich gleich noch erwähnen, dass das weltberühmte Todtenthal im Dieng-Gebirge, von dem die entsetzlichsten Geschichten existiren, zu den unverschämtesten Reiselügen gehört. Es finden zuweilen Kohlensäureexhalationen in einem kleinen, also oben offenen Thalkessel statt. Als ich dort war, stieg ich einen brennenden Zunder aus Cocosstielen von mir abwärts haltend bis auf den Grund; der Zunder verlöschte nicht einmal. Aber die Furcht der mich begleitenden Javaner war entsetzlich: diese sonst so artigen, bescheidenen Leute wollten mich mit Gewalt zurückhalten. Die Furcht der Einheimischen, ihre Erzählungen, vielleicht auf einer Volkssage beruhend, sind in's Ungeheuerliche übertragen in Europa für begründet gehalten worden. —

Es genügt für den geringen Salzgehalt des Meeres ( $3\frac{1}{2}\%$ ) die allmähliche Ansammlung durch die Zuführung des nur als Verwitterungsproduct aufzufassenden Kochsalzes durch Flüsse; ich werde am Schluss einige statistische Daten geben und Berechnungen darüber aufstellen. Nur solche Meere, Seen werden salzhaltig, die keinen Abfluss haben und nur solche Seen können durch Verdunstung, wie es heutzutage beim Utahsee, bei den Seen der Kirgisensteppe, dem todten Meer stattfindet, erst Gyps, der auch nur ein secundäres, wasserlösliches (1 : 460) Product ist, und dann Salzlager bilden; dies aber ist nur unter begünstigenden Umständen der Fall, nämlich wenn aus benachbarten Steppen oder Wüsten in solche Seen, Flüsse einmünden, also aus Ländern, wo sich ausnahmsweise leicht Salz bildet. Dass wir auch in unserm Vaterland einmal Steppenklima gehabt haben, wodurch Salzlager erklärlich werden, erweisen die in Mitteleuropa petrefactisch gefundenen vielen Proteaceen, die Von Ettinghausen entdeckt hat, von denen 36 dem Anfang der Tertiärperiode angehören, eine Pflanzenfamilie, deren Arten im südlichsten Afrika und in Australien nur in derartigem Klima zahlreich wachsen und die Grisebach geradezu als Vegetationsform steppenartiger Gegenden Afrikas und Australiens, als Sträucher mit immergrünen, glanzlosen Blättern characterisirt. Das schliesst nicht aus, dass sich, wie bei den analogen Mimosen, wenige Proteaceen-Arten auch der mousunartigen Tropenvegetation baumartig angepasst haben. Mit der Proteaceen-

vegetation Mitteleuropa's und Australien's hängt es beiläufig jedenfalls auch zusammen, dass diese Länder jetzt noch so viele gleiche Wasserpflanzenarten besitzen, während sie in zwischenliegenden tropischen Gegenden ausgestorben sind.

Durch die mitteleuropäische Proteaceenzeit im Anfang der Tertiärzeit kann man wohl die Entstehung der Salzlager von Wieliczka und Bochnia in Galizien erklären, nicht aber die dyassischen Salzlager von Gera, Artern, Stassfurt. Hier war es ein grosses isolirtes Meeresbecken, das verdunstete, „eine weite Mulde zwischen dem Harz einerseits und dem Sauerlande, Thüringerlande, dem Voigtlande und dem Erzgebirge andererseits, die fast in ihrer ganzen Erstreckung von dyassischen Gesteinen unterteuft und saumartig eingefasst ist.“ (Vergl. Credner Geologie 2. Auflage S. 368.) Dennoch wäre es ein Irrthum, sich dieses Binnenmeer von Anfang an salzhaltig zu denken, denn der Dyas ging die Steinkohlen- und subcarbone Periode voran — auch in jenem Meeresbecken zeugen die Steinkohlenlager von Zwickau davon — mit Pflanzen, die sich nicht auf den einschliessenden Gebirgen und Festlande so massig entwickeln konnten, auch schon deshalb nicht, weil damals fast noch keine Erde, also mit Humus gemischtes Zersetzungsproduct der Felsen, vorhanden gewesen sein kann, welche letztere hauptsächlich als gehobener Meeresschlamm erst später reichlich auftrat. Diese Pflanzen können allenfalls am Rande jener oder in jenem flachen Meeresbecken selbst, in Aestuarien, also in salzfreien Lagunen vegetirt haben.

H. Credner, einer unsrer berühmtesten neueren Geologen, sagt: „Die Flora der Steinkohlenperiode trägt das Gepräge einer tropischen Sumpf- und Morastvegetation und war demnach auf die flachen Niederungen der carbonischen Continente beschränkt, welche sie dschungelartig überwucherte“.

Wenn aber das Meer von Anfang salzig gewesen wäre, so hätten diese Aestuarien auch salzig sein müssen; dann konnte aber diese Vegetation überhaupt nicht existiren, denn in salzigen Aestuarien, also in Lagunen der Tropen ist eine höchst beschränkte Vegetation. Wie denn überhaupt im eigentlichen Meerwasser eine grüne chlorophyllhaltige und schwimmende Vegetation gar nicht existirt, wenn man von uneigentlichen Salzmeerpflanzen, solchen die in Lagunen, meist in Brakwasser, existiren, absieht und dies muss man thun, denn solche Pflanzen ernähren sich, da sie nur zeitweise vom Wasser bedeckt sind, theils aus der Luft, theils aus angeschlemmten organischen Resten. Prof. Kny sagt mit Recht, man könne solche Pflanzen, zu denen er auch strandliebende Tange, die den Gezeiten ausgesetzt sind, rechnet, die sich ja genau wie Mangroven verhalten, halb als Landpflanzen, halb als Wasserpflanzen betrachten. Hemipelagische Pflanzen möchte ich sie bezeichnen. Betrachtet man solche nicht als echte Meeresgewächse, so verbleiben nur die nicht zahlreichen Florideen, die aber nur am Grunde flacher Meere wachsen. Pflanzen indess, die mit der Steinkohlenvegetation verwandt sind, z. B. Gefässcryptogamen, Coniferen, wachsen nie in salzigen Lagunen.

Wäre das Meer zur Steinkohlenperiode salzig gewesen, so müssten die Aestuarien höher liegend gedacht werden; damit ist aber ihre Existenz einfach nicht möglich; denn dann würden sie Abfluss gefunden haben und die gigantische Vegetation der Steinkohlenperiode hätte nicht stattfinden können.

Die riesigen Cryptogamen jener Zeit, so weit sie infolge entwickelter Schutzmittel uns petrefactisch bekannt sind, besitzen meist zum Schwimmen eingerichtete Wurzeln, „die sich vielfach gabeln, sich allseitig vom Stamm ho-

horizontal ausbreiten, bis 20 Meter lang werden und ein dichtes verworrenes Gewebe blattartiger Wurzelfasern besitzen". (Vergl. Credner l. c. 333.) In der Erde konnten diese, Stigmarien genannten Wurzelgebilde namentlich wegen der den heutigen, breiten Farnhaaren gleichen und dabei zahllosen Wurzelschuppenhaare nicht existiren — höchstens auf Schlamm, aber selbst für Schlammwurzeln kennt man nicht ein einziges ähnliches Gebilde; Wurzeln haben keine flachen blattartigen Anhängsel; nur bei Wasser- und Luftpflanzen ist dies möglich. Da aber diese Stigmarien einen grossen Theil der Steinkohlenlager bilden, sind wir zur Annahme berechtigt, dass es geradezu schwimmende Wälder zur Steinkohlenperiode gegeben hat. Ueber die Vegetation des Meeres zur Steinkohlenzeit habe ich mich Seite 12, 13 und 68 ausgelassen und auch eine Erklärung gegeben, wie Steinkohlenflütze entstanden. Dass damals wirklich die Steinkohlenwälder im Ozean selbst waren, geht daraus hervor, dass im unteren Niveau der productiven Steinkohlenformation, z. B. bei Glasgow in Yorkshire, Kentucky und Nova Scotia, bei Lüttich, im Ruhrgebiet und in Oberschlesien Schichten mit zahlreichen Meeresthieren vorhanden sind; Kohlenlager sind nicht, wie man glaubte, durch Anschwemmung im Meere entstanden, was schon deshalb unmöglich ist, weil so regelmässige, ausgedehnte und gleichdicke Schichten, wie wir sie bei Steinkohlen finden, nicht durch Anschwemmung entstehen können. Das schliesst indess nicht aus, dass damals auch in Aestuarien starke Vegetation war, und dort mögen luftathmende Tausendfüsse, Insecten, Spinnen, die wir in Kohle finden, häufiger gewesen sein. — Die Pflanzen jener Zeit sind nicht bloss infolge Abkühlung der Erdoberfläche, sondern auch durch Zuführung des aus den Feldspathgesteinen der umgebenden Hochländer sparsam auswitternden Kochsalzes zu Grunde gegangen.

Man könnte einwerfen, dass ja heute noch Hochmoore und Tundren und grosse Landsümpfe existiren, die ausgedehnte, continentale Süsswasseransammlungen sind. Hier ist es die verhältnissmässig geringe Quantität des darin befindlichen Wassers, das entweder die geringen territorialen Schranken, durch welche es gehindert wird, ins Meer abzulaufen, nicht zu zerstören vermag, oder es sind Niederungen, die etwas tiefer liegen als Flüsse, sodass sie von letzteren gespeist werden, die aber verschwinden, sobald der Wassergehalt des Flusses abnimmt, wie es z. B. beim Mississippi der Fall ist. Seit 30 Jahren verschwanden infolge der forstlichen Raubwirthschaft in den U. St., wodurch der Fluss an Wasser abnahm, die Sumpfniederungen in Missouri und Arkansas, die als Seen noch heutzutage auf den besten Landkarten figuriren; sie sind längst ausgetrocknet, indem sie ihren Abfluss in den Mississippi fanden, während sie früher von ihm gespeist wurden. Der grössere Theil der Vereinigten Staaten — von den feuerreichen, südlichen Sumpfgenden und den Küstengebirgen am stillen Ozean abgesehen — ist übrigens heutzutage waldärmer als Deutschland.

Schliesslich wären aber auch die Moore unmöglich, wenn deren Hauptbestandpflanze, das Sphagnum, nicht die wunderbare Eigenschaft hätte, das Wasser wie ein Badeschwamm festzuhalten. — Tundren aber sind nur Moore, die meist ganz gefroren, mit Bodeneis unter sich, nur wenige Monate des Jahres oberflächlich schwach aufgethaut sind.

Angenommen, dass mitteldeutsche carbonische Becken sei ein Binnenmeer gewesen, das anfangs salzfrei war, weil sich die Steinkohle aus der in diesem Meer wachsenden Wald bildete, so ist es doch zuletzt salzig geworden, denn wir finden in ihm die Salzlager von Stassfurt. Solche ungeheure Binnenmeere, etwa wie heutzutage das caspische Meer, kann man aber nicht als isolirt ent-

standene Wasseransammlungen betrachten; man hält sie für durch Hebungen vom offenen Meere abgeschnittene Reste desselben. Wenn man aber theoretisch gewaltsam so ungeheure Süßwasserbecken durch Regenfall entstanden ansehen und aus ihnen die Kohlenlager erklären wollte, so müsste die Erde mit vielen solchen Binnenmeeren bedeckt gewesen sein und stets ein gleichmässiges Aufeinanderfolgen der Kohlen- und Salzlagerbildungen stattgefunden haben; dieses ist aber durchaus nicht der Fall. Wo Kohlenlager sich bildeten, fehlen gar oft Salzlager; ein Beweis, dass die Kohlen liefernden, baumartigen Wasserpflanzen nicht bloß in abgeschlossenen Becken, sondern auch im offenen Meere wuchsen.

Man darf ferner auch nicht annehmen, dass diese Pflanzen im Meer angeschwemmt worden sind, wie es mit Landbäumen heutzutage geschieht, die derart Braunkohlenlager möglicherweise veranlassen. — Denn entweder sind diese Wasserbäume nur in grossen continentalen Wasseransammlungen gewachsen; dann müssten letztere ohne Abfluss sein und die Bäume konnten also nicht weggeschwemmt werden; wenn sie aber weggeschwemmt werden konnten, so floss auch das Wasser mit weg und Wasserwälder konnten als solche nicht existiren; auf dem Lande aber wuchsen damals keine Bäume, die Steinkohlenbäume erst recht nicht; also konnten Bäume auf keinen Fall dem Meer zugeschwemmt werden, ausserdem etwa bei dem gewaltsamen Durchbruch eines isolirt gedachten Beckens zum Ozean; dann aber lagerten sich die Bäume nicht so gleichmässig schichtig, wie wir die Steinkohle finden. Wenn wir aber im offenen Meer selbst Steinkohlen liefernde Vegetation uns vorstellen müssen, so kann es damals nicht salzig gewesen sein, denn Salzgehalt erlaubt keine reichliche, grossartige, grüne Vegetation. Wäre das Meer von Anfang salzig gewesen, so besässen wir keine Steinkohlen.

Das Urmeer war also salzfrei, mit starkem Gehalt von doppelkohlen-saurem Kalk; dies erklärt uns sowohl die Entstehung der secundären Kalkgebirge, als auch die massenhafte Entwicklung einer krautigen Wasservegetation, welcher die aus dem ephemeren Kalkbcarbonate entweichende Kohlensäure sehr zu statten kam. Diese Vegetation, die nicht im Salzwasser existiren konnte, ist so überreich gewesen, dass sie selbst Anthracitlager veranlasste, trotzdem die Pflanzen jener Periode fast noch keine Schutzmittel gehabt haben können. Zur Bildung von Kohlenlagern aus krautigen Pflanzen gehören besonders günstige Umstände; denn wenn die Anhäufung abgestorbener Kräuter, die doch so leicht verwesen, nicht massenhaft ist und nicht bald eine schützende Decke von Thon bekommt, bleibt doch nichts davon erhalten. Das torfbildende Sphagnum besitzt von allen Cryptogamen proportional zum Gesamtgewicht der ganzen Pflanze den meisten cryptogamischen Korkstoff, hat von allen Pflanzen ausnahmsweise viel lederig-chlorophyllfreie Blätter, die als ein spät entwickeltes Schutzmittel gegen Thierfrass und Wetherungunst und gegen Verderben durch Fäulniss in stagnirendem Wasser aufgefasst werden müssen; dadurch wurden diese krautigen Pflanzen ausnahmsweise auch zur Torfbildung geeignet; man darf aber solche Eigenschaften bei den primitiven und deshalb schutzmittellosen Pflanzen des Urmeeres nicht annehmen.

„Die Anthracite des Silur, sagt Credner (l. c. 195), können nur aus Algen entstanden sein, da sich in den silurischen Thonsteinen noch keine Spur höherer Pflanzen findet.“ Von Algen sind übrigens dort auch nur lederartige erhalten, die also Schutzmittel hatten. Hätten die damaligen Pflanzen, zu denen auch die Mittelstufen von Algen zu Moosen und Gefässcryptogamen gehört haben

müssen, überhaupt einigermaassen Schutzmittel gehabt, so würden wir sie und ihre Structurverhältnisse im Anthracit selbst erkennen.

Man darf solche Anthracitlager, in deren begleitenden Gesteinen organische Reste, Algen etc., sich finden, als einen der besten Beweise des salzfreien Urmeeres betrachten. Die frühesten Pflanzen hatten noch keine Schutzmittel, eigneten sich also fast nicht zur Kohlebildung; da diese Wasserpflanzen aber doch Kohlenlager veranlassten, müssen sie in ungeheuren Mengen vorhanden gewesen sein und dies war blos im salzfreien Meer möglich, denn im Salzmeer ist die Vegetation relativ fehlend, fast ausgestorben. Indess dürften nicht alle Anthracitlager phytogenen Ursprunges sein; ich vermuthete bereits, dass sie auch aus angeschwemmten Graphitlagern entstanden seien; mag nun Druck überlagernder Sedimente oder Contactmetamorphose den festeren Zusammenhang hervorgebracht haben; künftige geologische Forschungen müssen diesen verschiedenen Ursprung näher ergründen.

Aus einer grossartigen Meeresvegetation erklären sich also die Anthracit- und Steinkohlenlager. Als das Meer salzig wurde, musste die ganze Wasservegetation zu Grunde gehen, namentlich der Wasserwald mit seinen Riesenformen, weil sich nur epiphytische Pflanzen dem Landleben anpassen konnten, wie ich S. 14, 68 zeigte; aus letzteren haben sich im Verlauf ungeheurer Zeiträume erst wieder die meisten baumartigen Landpflanzen entwickelt, welche geeignet sind, zu Kohlenlagern Stoff zu liefern. Es erklärt sich damit theilweise, dass zwischen der Steinkohlenperiode und dem Oligocän, in dem die Braunkohlenlager erst massig auftreten, die enormen Zeiträume der Dyas, Trias, Jura, Kreide und des Eocäns verflossen. Denn nur im untersten Horizonte der Dyas finden sich noch Kohlenlager, die aber an Zahl und Mächtigkeit denen der vorhergehenden carbonischen Zeit bedeutend nachstehen; dann erscheint erst in der Kreide die seltene Wealdenkohle, die nicht aus Sigillarien, Lepidodendren, Calamarien, sondern aus Coniferen und Cycadeen entstand.

Indess die Braunkohlenlager bestehen zum grossen Theil aus Coniferen, namentlich Cupressineen, und es war mir lange Zeit ein Räthsel, warum so grosse Zeiträume fast ohne Kohlenlagerbildung verflossen sind, da doch Coniferen bereits zu Ende der Steinkohlenzeit auftreten und sie sich im Allgemeinen wenig modificirt haben, also auch immer analoge Wachstumsverhältnisse gehabt haben müssen. Doch um dieser Frage näher treten zu können, muss ich erst die Bildung der Braunkohle besprechen.

Wenn ich gemäss der verbreiteten Hypothese sagte, die Braunkohlenlager seien durch Anschwemmung im Meer vor Flussmündungen entstanden, so gilt dies doch nur in wenigen Fällen, wenn es überhaupt richtig ist und je stattfand. Es ist noch gar nicht erwiesen, ob sich z. B. vor der Mündung\*) des

\*) Man stellt sich zuweilen die Entstehung von Kohlenlagern nahe den Flussdelta so vor: Wie in grossen Strömen, z. B. im Mississippi, oft Bäume versinken, wodurch ja die Schifffahrt gefährdet ist, ebenso soll es vor den Flussmündungen sein. Abgesehen von den schwersten Hölzern, zu denen aber die Braunkohlenbäume nicht gehören, versinken sie in grossen Strömen nur, weil sie sich dort feststemmen; das ist aber im offenen Meere nicht möglich. Dort kann nur ein abgebrochener Baum, indem er nach und nach viel Wasser in sich aufnimmt, versinken. Nun wird man fragen, wie sind denn die Bäume des Steinkohlenmeeres versunken? Sicherlich nicht durch ihre eigene Last, denn Formen, bei denen die Schwere des Stammes nicht im Verhältniss zu den tragenden Schwimmrhizomen stand, konnten sich überhaupt nicht bilden. In solchen Steinkohlenlagern, die nicht blos aus Stigmarien ohne Stämme, sondern zugleich aus Stigmarien mit Stämmen bestehen, findet

Mississippi die zugeschwemmten Baumstämme braunkohlenlagerartig anhäufen; sie können sich nur vereinzelt im Alluvium ansammeln und nur erhalten, wenn sie in thonigem Lehm eingebettet werden. Da sich nun aber fast stets unter den Lagerstätten von den oft geschichteten Stämmen der Braunkohlen Schilffreste oder mindestens zugleich mit ihnen andre Spuren einer Süßwassersumpfvegetation (*Alnus*, *Betulus*) finden, ist die Bildung der Braunkohlenlager nicht durch eine Anschwemmung im Salzmeer erklärlich. Einerseits lagern sich leichte schwimmende Erlen-, Birken- und Grasblätter, sowie Torf nicht in dem Anschwemmungsland der Flussdelta ab. Andererseits könnte man sagen, da Schilfvegetation den Braunkohlen unterlagert, könnten die Landbäume in die Sümpfe geflüsst und abgelagert worden sein; aber Sümpfe und Zufluss grosser Ströme ist eine Unmöglichkeit: entweder fliessen die Ströme durch, dann nehmen sie auch die Flössbäume mit oder aber das Wasser sammelt sich an, dann hören die schilfbewachsenen Sümpfe auf.

Um nun ausgedehnte Braunkohlenlager mit Unterlagerung und Untermischung von Sumpfvegetation zu erklären, müssen wir Vegetations-Verhältnisse ähnlicher Pflanzen, wie die der Braunkohlen, in der heutigen Welt suchen.

Neben dem Mississippi, wie ich schon S. 127 erwähnte, sind grossartige Sumpfniederungen gewesen (sie existiren z. Th. noch), die vom Flusse mit etwas Wasser gespeist sich erhielten, so lange der Fluss reichlich Wasser hatte; darin wachsen riesige, halbtropische Sumpfciferen, *Taxodium distichum* und *Cupressus thyoides* in ungeheuren Wäldern, daneben untergeordnet, meist strauchig Eichen, Magnolien, Lauraceen, z. B. *Sassafras* etc., Erlen, Birken, Ahorn, kurz vicariirende Arten und Genera der Braunkohlenvegetation Deutschlands. Nun giebt es mehrere Veranlassungen, die sich successive combiniren können zur massenhaften, schichtigen Niederwerfung und zum Untergang dieser Wälder, bezüglich Bildung ausgedehnter Braunkohlenlager: 1., Orkane, 2., Wasserentziehung durch allmälige Wasserabnahme des diese Sumpfwälder

man oft die sogenannten Wurzeln, die Schwimmrhizome, mit abgebrochenem Strunk neben den dazu gehörigen Stämmen. Wir sehen also in dem Zerstörtsein der Bäume die Ursache, dass sie versanken. Wie aber, kann man fragen, geschah es denn so häufig, dass trotz der damals ziemlich ruhigen Ozeane die Bäume so oft umfielen und abbrachen? Zur Beantwortung dieser Frage müssen wir uns erinnern, dass die niederen Organismen meist nur einmal copuliren und fructificiren, alsdann aber absterben. In unseren, von Wintern unterbrochenen Klimaten erledigen viele Pflanzen dies innerhalb einer warmen Jahreszeit. Es ist aber nur ein späterer passender Erhaltungszustand, namentlich für höher organisirte Landpflanzen, dass sie, als sich trockne und nasse und noch später warme und kalte Jahreszeit differenziren, mehrmals blühen und Früchte erzeugen. Noch sehen wir in den Tropen nur einmal blühende Riesenpflanzen, die bis über 100 Jahr alt werden, die hapaxanthen Gewächse.

Wenn wir nun gar ins Auge fassen, dass die Sigillarien und Lepidodendren der productiven Steinkohlenzeit jedenfalls, wie alle sichtbaren Farntheile nur Sporogonien, also beblätterte Fruchtstiele waren, woraus sich für jene primitiven Formen von selbst ergibt, dass der Stamm dieser Fruchtstände, nachdem die Früchte, die Sporen, in einem von Winter oder dürer Jahreszeit noch unbegrenzten Zeitraum gereift waren, verging, verweste, umfiel, so haben wir genügende Erklärung, wie aus dem Meereswald die absterbenden Glieder versinken mussten. Wenn wir ferner noch berücksichtigen, dass die Schwimmrhizome wahrscheinlicher Weise (wie wir es an laufenden Rhizomen bei heutigen Farnen, z. B. *Polypodien*, sehen), durch Sprossung neue, wenn auch ursprünglich sterile Stämme trieben, nachdem der erste Hauptstamm zu Grunde gegangen, so können wir uns ein Bild machen, wie selbst noch vor Absterben der Schwimmrhizome letztere, weil mit neuen Trieben voll belastet und weil selbst schon durch Absterben älterer Stämme corruptirt, durch Umfallen anderer Stämme in Mitleidenschaft gezogen gleichfalls versanken.

speisenden Flusses, indem dadurch die Bedingungen des Wachstums dieser Wälder zerstört werden; 3., durch Bodenerhebungen kann diesen Sumpfwäldern auch das Wasser entzogen sein; fällt dann der Wald stellenweise ein, so werden, weil diese hohen starken Bäume mit schmaler Laubkrone dicht und ohne Pfahlwurzeln auf lockerem sumpfigen Boden wachsen, stets noch viel benachbarte Strecken Waldes mit umgeworfen und zwar viel leichter als dies bei echten Landbäumen möglich ist; 4., Bodensenkungen, indem dadurch zuviel Wasser zugeführt und derart der Wald vernichtet wird; zugleich erhalten durch letztere Ursache die Lager dann die conservirende Thonüberdeckung.

Die Braunkohlenlager bildeten sich an denselben Stellen, wo deren Pflanzen wuchsen; dasselbe gilt von Steinkohlen- und Torflagern. Was von Pflanzen in's Meer geschwemmt wird, erhält sich nicht kohlenlagerartig.

Die Coniferen haben sich nun seit der Steinkohlenzeit wenig geändert, nur dass sie sich mehr mit ihren Wurzeln der Sumpf- und schliesslich der Landvegetation anpassten. Sie wurden aus dem Meere durch das Salz verdrängt und mussten in die Süsswasseransammlungen flüchten, wo sie sich wegen Schutzmittel des Holzes und der ausgebreiteten Wasserwurzeln von allen Pflanzen noch am besten erhalten konnten. Aber continentale Süsswasseransammlungen, die das ganze Jahr aushielten, waren eben früher sparsam, weil sie nur neben grossen Flüssen mit jahraus jahrein möglichst gleichem Wasserstande existiren können, denn sonst werden sie temporär trocken gelegt und damit ist diese Vegetation unmöglich. Soweit das Meer mit dem Salzgehalt Einfluss hatte, konnte eine solche auch nicht bestehen, wengleich sie im Brakwasser viel länger existirt haben mag als im Meere. Sind aber grosse Flüsse mit ziemlich constantem Wassergehalt früher möglich gewesen? Nein! Wohl hat es viel mehr geregnet, aber tropisch in gewissen Zeiträumen, wonach das Wasser bald wieder abfloss. Was macht unsre heutigen Flüsse einigermaassen constant im Wassergehalt? Die Landvegetation, welche den Regenfall regulirt, welche die Wolken, die sich auf dem Meere bilden, beständig anzieht und welche den plötzlichen Abfluss grosser Regenmengen verhindert. Nur in der Waldregion sind constante Flüsse möglich. Daraus folgt nun, dass sich nach der Steinkohlenperiode erst die Landvegetation aus Kräutern waldartig entwickeln musste, was enorme Zeiträume beansprucht; dann erst konnten sich neben constanten, grossen Flüssen constante Sumpfniederungen und ausgedehnte, braunkohlenliefernde Coniferenwälder entwickeln. So erklärt es sich, dass zwischen Steinkohlenzeit und Braunkohlenablagerung soviele Millionen Jahre ohne besondere, nennenswerthe Production von Kohle verfloßen.

Wenn es richtig wäre, wie man bisher allgemein annahm, dass die Steinkohlenwälder aus sumpfbewohnenden Landpflanzen bestanden, so wäre deren heutige Nachkommenschaft durch zahlreiche Mittelformen mit ihnen verknüpft. Nur dadurch, dass diese Wasserpflanzen ganz andre Vegetationsbedingungen nicht annehmen konnten, ist es erklärlich, dass so riesig entwickelte Formen wie die *Lepidodendren* und *Sigillarien*, die doch auch schon Holz und andre Schutzmittel gegen Thiere hatten und deshalb wenig Veränderungen, ähnlich den Coniferen, ausgesetzt waren, spurlos ausstarben. Ferner wäre es ganz unerklärlich, wenn jene Pflanzen Landbewohner gewesen wären und ihre Leichen im Meere angeschwemmt Kohlenlager gebildet haben sollten, warum nicht ununterbrochen von jener Zeit an bis heute, da doch die Bedingungen der Land-

vegetation sich nur allmählig und gering änderten, sich Kohlenlager in allen Perioden und in allen späteren Sedimentärformationen ebenso reichlich gebildet haben sollten. Diese fast kohlenleere, ungeheure Zwischenzeit ist ein Beweis, dass die Vegetation zur Steinkohlenperiode nur meerbewohnend war und also das Meer damals auch salzfrei gewesen ist.

Wie will man aber ferner die geologische Thatsache erklären, dass sich die ältesten Floren durch ihre fast völlige Gleichförmigkeit der Arten an den verschiedensten Punkten der Erde, wo man sie untersucht hat, auszeichnen? Hätte eine isolirte Entstehung der Organismen in isolirten Süßwasseransammlungen der Contiente stattgefunden, so wären die Arten schon in ältesten Perioden sehr verschiedenartig gewesen.

Abgesehen davon dass früher infolge gleichen Klima's eine an Arten ärmere Flora existirte, besaßen die ältesten Pflanzen als Verbreitungsmittel nur das Wasser; wäre dieses aber salzig gewesen, so könnten wir uns die Verbreitung gleicher Arten nicht erklären. Ueber die verschiedenen Bedingungen der Pflanzen-Verbreitungen in früheren Perioden sprach ich mich im ersten Theil dieses Buches aus.

Das erste Auftreten von Kochsalz ist angeblich im Silur etc.; es ist nicht aus bekannten Salzlagern, sondern nur aus Salzquellen in den Vereinigten Staaten bekannt, und ist dieser Fundort deshalb geologisch noch näher zu prüfen; es ist dies angebliche Vorkommen um so bedenklicher, weil Kochsalz-lager im darauf folgenden Devon vollständig fehlen. Ich erinnere daran, dass unter kryptoplutonischem Petroleum Salzwasser existirt; es müssen also Salzquellen nicht unbedingt aus Salzlagern resultiren. Man schliesst jedoch auf den Salzgehalt des silurischen Meeres aus den Vorhandensein echter Meeresbewohner, nämlich von Corallen, Crinoiden, Brachiopoden, Cephalopoden, ferner von Tangen, deren heutige Vertreter nur im Salzmeer wohnen. Für die Tange ist dies nicht ganz richtig. Was die eigentlichen Meerespflanzen betrifft, also Florideae und Fucoideae, so giebt es davon auch Süßwasserbewohner, z. B. *Batrachospermum*, *Lemania*, *Hildenbrandtia*, während die Siphoneen durch *Vaucheria* ebensohäufig im Süßwasser vertreten sind, und die Gattung *Ulva* des Meeresstrandes ist von *Enteromorpha* des Süßwassers kaum generisch verschieden. Man sieht also, dass sich kein strenger Unterschied zwischen Süß- und Salzwasser-algen machen lässt und nichts steht der Annahme entgegen, dass alle Algen sich in Süßwasser bildeten und nur gewisse Formen geeignet waren, sich im Salzwasser zu erhalten und weiter auszubilden. Vornehmlich waren es die Pflanzen, die sich knorpelig und kalkhaltig ausbildeten, was mit dem Wachsen in der Wassertiefe zusammenhängen dürfte, wie wir an *Najas* und *Chara* ersehen, oder auch als ein Schutzmittel gegen Thiere als passenderer Erhaltungszustand zu betrachten ist, durch welche Eigenschaft sie sich später im Salzwasser noch am ehesten erhalten konnten. Zu den Pflanzen, die wie *Chara* kohlen-sauren Kalk an sich ziehen und dadurch brüchig, corallenähnlich werden, gehören auch von Salzwasserbewohnern *Halimeda*, die selbst ein corallenartiges Aussehen hat und schliesslich nach dem Vergehen des Pflanzenstoffes in den unteren Theilen fast nur Kalkgerippe übrig lässt, während an den Enden wie bei den Corallen der Organismus weiter vegetirt. *Halimeda* ist eine Siphonee, zu der also von Süßwasser-algen *Vaucheria* gehört; diese Pflanzen reihen sich trotz ihrer oft merkwürdig ausgebildeten Formen den niedersten Organismen an, weil sie einzellig sind. Ferner finden wir ein Subtribus der Florideen, die Corallinen, welche in den Zellen Kalk einlagern, die wie Corallen aussehen und mit ihnen

an gleichen Standorten wachsen; man darf vermuthen, dass die Corallen wie Corallinen und Halimeda, die alle zu ziemlich niederen Organismen gehören, verwandte Vorfahren hatten, welche an gleichen Standorten, besonders in der Wassertiefe sich entwickelten, die einen thierisch, die andren pflanzlich; wegen der Eigenschaft der Kalkeinlagerung erhielten sie sich dann von allen primitiven Organismen am ehesten bis in unsre Zeit; später aber weil sie im Süßwasser nicht soviel Kalk gelöst fanden, wie es im Meereswasser stets der Fall ist, passten sie sich dem heutigen Meere und dessen späterem Salzgehalt an. Die Süßwasserphanerogamen haben alle mehr oder weniger die Eigenschaft, sich mit Kalk zu incrustiren; doch sind unsre Wasser nur wenig kalkhaltig und wenn sie es sind, sind sie es meist ephemer derart, da sie meist keinen gelösten doppelkohlensauen Kalk enthalten, dass durch Felsenverwitterung entstandenes Chlorcalcium und Natriumcarbonat sich wechselseitig zu Kochsalz und Kalkcarbonat zersetzt, welches letzteres aber unlöslich im Wasser suspendirt bleibt oder sich absetzt. Ausser Chara haben noch zwei Algen, Ajactis calcifera und Hydrurus crystallophorus, auffallend die Eigenschaft, Kalk anzuziehen und auszuschleiden.

Wenn das Urmeer, das ich mir also erst im Verlauf der huronischen Periode entstanden denke, noch heiss und namentlich salzfrei war, so hat es auch die Eigenschaft gehabt, die primitiven Kalkgesteine leichter aufzulösen; denn ein Salzgehalt schliesst in der Regel die Lösungsfähigkeit einer andren chemischen Verbindung aus, wie in verdunstenden Salzseen, z. B. dem todtten Meere und den Seen der Kirgisensteppen, der Chlormagnesiumgehalt das Chlornatrium zum Auskrystallisiren bringt, indem ein Salz das andre verdrängt. Letztere zwei Salze stehen betreffs der gleichzeitigen Löslichkeit in umgekehrtem Verhältniss; so ist z. B. reines Kochsalzwasser im Utahsee fast ohne Chlormagnesium, während solche Seen, die schon Kochsalzlager abgesetzt haben, viel Chlormagnesium enthalten, wie überhaupt eine Lauge von 27% Chlormagnesium nur 1,18% Kochsalz aufzulösen im Stande ist; während im Stepanowasee Kochsalz im Verhältniss zu Chlormagnesium wie 20% : 4 1/2% steht, sind im todtten Meere diese Salze gleich stark vertreten (6, bis 12% : 5,6 bis 14,5% \*).

Während aber die heutigen kalkeinlagernden Meerespflanzen aus Mangel an gelöstem kohlensauen Kalk — ich werde darüber später einige Facta zusammenstellen — ihren Kalkgehalt aus Chlorcalcium entnehmen müssen, ist es doch nur denkbar, dass sich in einem salzfreien und kalkcarbonathaltigen Meer so kalkhaltige Organismen wie Corallen und Corallinen entwickeln konnten, einerseits, weil Organismen nur ausnahmsweise so starke Säuren wie Salzsäure auf anorganischen Salzen zersetzen können, Chlorcalcium noch ärger zerstörend auf Organismen wirkt als Chlornatrium und die Erklärung der Entstehungsweise kalkcarbonathaltiger Organismen in kalkcarbonathaltigem Wasser am einfachsten ist, andererseits weil im salzhaltigen Meer, das sowenig Pflanzen beherbergt und der Vegetation im Allgemeinen schädlich ist, die Entwicklung von Organismen überhaupt nicht stattgefunden haben kann. Mit dem zunehmenden Salzgehalt des Meeres nahmen alle Organismen, auch die kalkigen bedeutend an Menge ab, viele starben aus; früher sind kalkliebende Organismen viel häufiger gewesen, wie uns die Petrefactenkunde lehrt. Uebrigens wachsen Corallen ebenso gut wie die meisten Seetange heutzutage nicht in der salz-

\*) Der gleichmässig schwächere Gehalt kann nur durch localen Süßwasserzufluss bedingt sein.

reicheren Tiefsee, sondern nahe der Meeresoberfläche in Corallenbänken auf nicht tiefem Meeresgrund und stets nahe dem Land, wo das Meer meist salzärmer ist; nur an Atollen wachsen sie nach der Aussenseite zu, weil sie im Innern nicht genügend Kalk finden; früher dagegen wuchsen sie überall im Meer, denn die älteren Corallen waren gar nicht riffbauend. — Da ich nicht Zoolog bin, wandte ich mich wegen süßwasserliebender Verwandten von Crinoiden, Brachiopoden, Cephalopoden an Herrn Prof. C. von Martens und erfuhr: „Es ist richtig, dass von Corallen, Crinoiden, Brachiopoden, Cephalopoden, ferner auch von den frühzeitig auftretenden Echinodermen sich keine Süßwasservertreter finden; dagegen sind von den meist meerbewohnenden Spongien Spongilla, von Rhizopoden Gromia, von Polycystinen Acarthocystis, von Bryozoen Plumatella und Aleyonella, von Coelenteraten Hydra im Süßwasser vorhanden, ebenso giebt es fast von allen Gruppen der Meeresfische Vertreter im Süßwasser und wie Hückel gezeigt hat, finden sich gerade die einfachsten Vertreter vieler Familien nur im Süßwasser.“

Für die Algen, die man doch als vorherrschend meerbewohnend ansehen darf, ist letzteres auch der Fall. Sie sind im Süßwasser jetzt nur deshalb so selten, weil sie dort verhältnissmäßig viel mehr der Verfolgung durch Thiere ausgesetzt sind und waren als im Meer, ferner weil sie blos Wasserverbreitung besitzen. Wohin also frühere Meeresalgen gelangen konnten, dahin gelangte auch der Salzgehalt des Meeres. Was wir von Algen jetzt noch im Süßwasser finden, ist alles gelegentlich durch Vögel, ausgetrockneten, verwehten Schlamm u. s. w. vom ursprünglichen Standort, dem früher salzfreien Meere, eingeführt worden. — Dieses fast exclusive und häufige Vorkommen einfachster Formen im Süßwasser scheint mir besonders dagegen zu sprechen, dass die erste Entwicklung der Organismen sich in einem salzigen Meere gebildet habe. —

Die Crinoiden waren früher viel häufiger als jetzt; die Brachiopoden waren auch im Kohlenkalk, den ich mir als ein sehr altes Gestein im noch salzfreien Meere entstanden denke, sehr zahlreich, in der mesozoischen Zeit sind sie schon minder häufig. Die Corallen waren in der carbonischen Periode im Süßwassermeer noch nicht riffbauend; sie wurden es erst in viel späterer Zeit im Salzwasser; während sie früher im Meere überall wuchsen, sehen wir sie jetzt nur dem Festland nahe, weil sie dadurch von letzterem Süßwasserzuzfluss erhalten. Doch ist für Corallen auch die grössere Wärme des Wassers flacher Stellen nahe dem Lande von Einfluss. — Alles das deutet wenigstens eine Veränderung in den Lebensbedingungen dieser Wasserthiere an, die nur durch Veränderung des Wassers selbst herbeigeführt werden konnte. Das Aussterben und Seltenwerden der Thiere beweist, dass ein feindliches Element ins Meer kam, und dies kann nur das Salz gewesen sein, das auch auf die meisten Pflanzen zerstörend wirkt.

Betreffs der Fische las ich in „Carus, Handbuch der Zoologie“ nach und entnehme daraus folgende wichtige Notizen:

„Merkwürdig ist, dass die meisten Süßwasserfische zu Ordnungen gehören, welche man als ältere anzusehen berechtigt ist, wie die Dipnoi, die meisten Ganoiden und Physostomi (bei denen also die Verbindung zwischen Schlund und Schwimmblase noch nicht gelöst ist); zu letzteren gehören die artenreichen Familien der Cyprinoiden und Siluroiden (erstere vorzüglich auf dem alten Continent, letztere in der alten und neuen Welt verbreitet), ferner die Selmoniden und Esoeces. Auch von Ganoiden und Dipnoi finden sich Formen in beiden Continenten. Die geologische Verbreitung lehrt, dass Ganoiden und

Selachier die ältesten Formen sind, indem sie bis zur Trias die einzig vertretenen Ordnungen sind. Im Oolith und der Kreide nehmen die Ganoiden beträchtlich ab. Ausschliesslich nur Pflanzen nehmen nur wenige Fische zu sich, z. B. Cyprinoiden; viele Fische sind äusserst gefräßige Räuber, die meisten Fleischfresser.

Vor den fleischfressenden aber, bemerke ich, müssen fast nur pflanzenfressende Fische existirt haben, oder andere pflanzenfressende Thiere, von denen die raubthierartigen Fische lebten, solche, die uns wegen mangelnder Schutzmittel nicht petrefactisch erhalten blieben. So muss man z. B. bei Weichthieren die Kalkschale als Schutzmittel auffassen, die sich erst entwickelte, nachdem uns unbekannte, unzählbare und massenhaft auftretende, gehäuselose Weichthiergeschlechter zu Grunde gegangen waren; Formen, die den petrificirten Conchylien vorhergegangen sein müssen und die wiederum nur im salzfreien Meer von einer reichen Vegetation gelebt haben können. — Man betrachtet meist den Ozean als den ausgiebigsten Fundort der Fische; dass sie aber im Süsswasser, wenn sie nur von Menschen und den zerstörenden chemischen Abfällen der grossen Städte verschont sind, sich mehr entwickeln, zeigte uns Agassiz, nach welchem es im Amazonenstrom mehr Fisch-Arten giebt, als im atlantischen Ozean von Pol zu Pol!

Man hat mir eingeworfen, dass auch Conchylien zuweilen sich raubthierartig zeigen. Man darf aber nie primitive mit späteren Zuständen verwechseln. Wenn wir z. B. jetzt viel Raubthiere finden, so ist nicht der Rückschluss erlaubt, dass von jeher fast alle Thiere solche gewesen sind. Wie Rennthiere, deren ganzer Organismus sie als ausgeprägte Pflanzenfresser erkennen lässt, in sogenannten Lemmingjahren infolge Fleischfrass, zu dem sie gezwungen sind, weil ihnen die Lemminge selbst alle Pflanzennahrung wegfressen, besonders fett werden und von ihrer regelmässigen Nahrungsweise abweichen können, ebenso geschieht es auch mit Meeresconchylien, die gelegentlich zu Raubthieren werden; nicht aber darf man deshalb schliessen, dass die Schnecken, die wir doch vorzugsweise als Pflanzenfresser kennen, deren Fressapparate darauf eingerichtet sind, früher Raubthiere gewesen seien. Sie leben auch heute im Meer der Regel nach von Pflanzen, nicht von Quallen und kleineren Weichthieren und sind im Meer nur dort vorhanden, wo Tange wachsen.

Wenn ich sagte, die Meeresfauna sei arm, so bezieht sich dies nicht auf die mikroskopischen Gestalten der Protisten und der quallenartigen Thiere, die von organischem Detritus\*) leben und dazu geeignete Wimpern besitzen oder die sich direct aus Wasser und darin gelösten Gasen, Luft etc. ernähren

\*) Die von organischem Detritus sich nährenden, marinen, kleinsten Weichthiere leben vorherrschend am Grunde des Meeres, weil sich aller Detritus daselbst absetzt. Der eigentliche Ozean lässt deren nur wenige erkennen: man bemerkt sie hauptsächlich in flacheren Meeren nach Stürmen und zwar durch sogenanntes Meeresleuchten, das man auf hoher See nur selten beobachten kann (mir ist es dort nie vorgekommen). Im Ozean sieht man meist nur grössere Weichthiere im Fahrwasser der Schiffe aufleuchten. Die Phosphorescenz dieser Thiere steht zweifellos mit ihrem Leben in der dunklen Meerestiefe im Zusammenhange. Weil nun im tiefen Ozean der Sturm den Grund mit den kleinsten Thieren nicht aufrühren kann, sieht man auch dort kein über Flächen ausgedehntes Meeresleuchten, es sei denn durch Meeresströmungen aus flachen Meeren vom Sturm aufgerührtes Grundwasser dahin transportirt worden. Auch in flachen Meeren, in Häfen findet bei anhaltend ruhiger See kein Meeresleuchten statt. Dies zur Beurtheilung so vieler idealer Beschreibungen von Meeresleuchten!

können; diese leben der Zahl nach in ausserordentlichen Mengen darin, wenn sie auch meist so klein sind, dass sie dem unbewaffneten Auge entgehen. Organischer Detritus ist aber nicht ohne Vegetation denkbar und wenn er auch jetzt vom Lande durch Flüsse zugeführt wird, so war dies doch in frühesten Perioden nicht möglich.

Mit dem salzfreien Urmeer erklären sich die bisher merkwürdig erscheinenden zoologischen Thatsachen: im Meer war bis zu Ende der Triaszeit eine ziemlich starke Vegetation; als diese mit dem zunehmenden Salzgehalt verschwand, mussten nicht blos zahllose Thiergeschlechter aussterben, es mussten sich auch viele Fische in die salzfreien Gewässer der Continente zurückziehen, sodass wir in beiden Welttheilen die gleichen älteren Formen finden, während im Meer sich allenfalls die fleischfressenden und die wenigen von Quallen lebenden Fische mehr entwickeln konnten; erstere sind indess im eigentlichen Ozean auch selten genug, weil es jetzt nur wenig pflanzenfressende Fische mehr infolge Pflanzenmangels dort geben kann, von denen erstere sich doch meist nähren müssen. Die Hauptsache ist indess, dass ohne ein früheres salzfreies Meer das Vorkommen gleicher Formen von Fischen in zwei entfernten Continenten unerklärlich ist.

Es ist eine ziemlich verbreitete Illusion, dass der Ozean ungeheuer fischreich sei. Der Wasserozean verhält sich bezüglich der Fische aber nicht im Geringsten anders als der Luftozean mit den Vögeln. Doch muss man das Wort Ozean im Sinne Peschel's (vergl. dessen geogr. Probleme) präcisiren, also seichte Meere, die in der That fischreich sind, ausschliessen. Die Fische nun, wie die Vögel, leben nur dem Festlande nahe, wo sie ihre Nahrung, Pflanzen oder pflanzenfressende, niedere Thiere, finden; im grossen Ozean können Fische nicht dauernd existiren, weil sie keine schwimmende Nahrung finden und der Ozean viel zu tief ist, als dass sie, da sie von Zeit zu Zeit Luft athmen müssen, vom Grunde des Ozeans Pflanzen holen könnten; übrigens giebt es in grosser Meerestiefe fast keine Pflanzennahrung. Wenn sich aber dort keine pflanzenfressenden Fische erhalten können, müssen auch die fleischfressenden fehlen. Nur die Raubthiere der Fisch- und Vogelwelt sieht man sich zuweilen vereinzelt in den unendlichen Räumen des Wasser-, bezüglich Luftozeans bewegen. Wie der Adler oft ungeheure Reisen in den höchsten Lüften, wo er doch keine Nahrung findet, unternimmt, gewissermassen um die Flugkraft zu üben, die ihn fähig macht, andre Thiere windschnell zu fangen, genau so machen es Delphine im Ozean; doch waren mir letztere stets auf meinen Seereisen ein Zeichen nahen Landes. Temporär sind es gesellig wandernde Heerden von Häringen oder fliegenden Fischen, resp. Zugvögel, denen man mitunter im eigentlichen Wasser- resp. Luftozean begegnet. Oder es sind wenige Walle, vorweltliche Gestalten, die sich dadurch erhalten haben, dass sie von Mollusken leben können.

Im grossen Ganzen ist der heutige salzige Ozean auffallend fischarm. Anders war es im früheren salzfreien Ozean, wo Süsswasserpflanzen, die wir zur genealogischen Entwicklung der Pflanzen annehmen müssen und dürfen, ihn bedeckt haben müssen; da konnte er an Thierwelt reich sein und ist es auch gewesen, wie uns die Petrefactenkunde lehrt.

Prof. Kny, der das Pflanzenleben des Meeres kürzlich behandelte (Heft 223 und 224 der Sammlung wissenschaftl. Vorträge von Virchow und von Holtzendorff) sagt: „Wie bescheiden nimmt sich die Flora des Meeres dagegen aus (im Gegensatz zur Landvegetation)! Die Vegetation wird bei 50 Faden Tiefe schon sehr sparsam und bei etwa 200 Faden erlischt sie fast vollkommen; sie

bedeckt also nur verhältnissmässig schmale Küstensäume der Inseln und Continente und den Boden einzelner flacher Becken und Untiefen, während der bei Weitem grösste Theil des Meeresgrundes pflanzenleer ist. Diese Schilderung ist wahr und nüchtern; wer, wie ich, als Botaniker fast alle Meere kennen lernte, citirt sie freudig; wie viel wird dagegen von unkundiger Seite oder in manchen Reiseberichten über den Pflanzen- und Fischreichtum des Meeres gefabelt! Ich zeigte Seite 81, dass im Ozean selbst gar keine schwimmende, lebende Vegetation existirt. Die phantastischen Sargassowiesen bestehen aus Pflanzenleichen; Sargassum ist nur am Strand wachsend.

Nun ist man aber berechtigt, die Frage aufzuwerfen, warum, wenn in früheren salzfreien Meeren eine reiche Vegetation existirt hat, die mit dem Salzwerden derselben verschwand und von der die zahllosen Petrefactenkalk liefernden Thiere und deren Vorläufer lebten, warum im Kohlenkalk, der die meisten der Crinoiden, Corallen etc. enthält, die man als scheinbaren Beweis des früheren Salzmeerlebens anführt, so wenig pflanzliche Reste vorhanden sind? Es lässt sich dies damit erklären, dass die gesammte organische Welt sich aus der Zelle nach und nach höher entwickelte und alles zu Grunde ging, was nicht Schutzmittel gegen Thiere erhielt. Da nun aber bei den Pflanzen Schutzmittel gegen Thiere zugleich fast stets Schutzmittel gegen Wetterungunst sind, wodurch erstere geeignet wurden, sich leichter petrefactisch zu erhalten, so finden wir erst mit Ende der Triaszeit, in der ältesten Juraformation, dem Lias, welchen man auch als Meeresformation auffasst, in seinen zur Petrefaction der Pflanzen geeigneten Thongesteinen und Kalken infolge der damals noch reichen Meeresvegetation — das Meer war ja damals noch sehr schwach salzig — mehr pflanzliche Reste; da sie zu jener Zeit auch nur gering entwickelte Schutzmittel besaßen, konnten sie sich nicht ausgeprägt petrefactisch erhalten, sodass sie sich nur als Bitumen im Lias erkennen lassen, der deshalb auch schwarzer Jura genannt wird; dagegen werden die späteren Meereskalke und die Sedimente infolge der mit dem steigenden Salzgehalte immer mehr aussterbenden Meeresvegetation auch immer ärmer an Pflanzen und Bitumen.

Um nun die allmälige Ansammlung des Salzes im Meer zu verstehen, stelle ich einige Thatsachen zusammen, die ich aus Bischoff's Lehrbuch der physikalischen und chemischen Geologie entlehne, bei welcher Gelegenheit ich gleich noch einige andre die Natur des Kochsalzes betreffende Facta citire, um einige der bisher behandelten Fragen zu ergänzen. „Sehr selten findet sich ein Mineral- oder Brunnenwasser oder süssige Quelle, welche nicht wenigstens Spuren von Chlorüren, meist Chlornatrium zeigen; immer haben es solche Quellen, die aus Feldspathgesteinen entspringen. — Im Berg Gohier bei Nantes efflorescirt Kochsalz aus Gneiss. — Chlormagnesium und Chlorealcium verwandeln kohlen-saures Natron, das fast nie im Mineralwasser fehlt, zu Chlornatrium. — Kochsalzlösung scheidet sich beim ruhigen Stehen in untere salzreiche und obere salzarme Schicht. — Kochsalz kann nicht plutonisch sein. Die Oefen, in denen das Steingut mittelst Kochsalz glasirt wird, müssen bis zur Weissglühhitze erhitzt werden, um das Kochsalz zu verflüchtigen. — In Vulkanen, wo Meereswasser eingedrungen<sup>\*)</sup>, wird das Kochsalz, soweit es nicht

<sup>\*)</sup> Hier will ich eine merkwürdige Erscheinung erwähnen, welche zeigt, wie manche Gebilde in äusserlicher Gestalt unverändert aus Vulkanen entfernt wurden. In den grossartigen vulkanischen Schlammablagerungen des Pangerango auf Java, in den Residenschafts Preanger, finden sich zuweilen bis 1 Cubikfuss grosse Felsenbruchstücke und namentlich viele kleinere Rollsteine, die so vollständig von

mechanisch durchgetrieben wird, zu Salzsäure zersetzt, die entweicht und die Kraterländer zu Chlorkalium und Chlornatrium zersetzt.

den vulkanischen Gasen oder Säuren zersetzt sind, obwohl die äussere Gestalt noch völlig erhalten ist, dass man sie wie Erde mit einem Spaten oder Säbel zerschneiden kann. Diese Zersetzung der Rollsteine ist nicht etwa eine nachträgliche, denn dann müssten excentrische Ringe von verschiedener Zersetzung sichtbar sein, was nicht der Fall ist.

Indess dürften die Schlammvulkanausbrüche gar nicht so entstehen, wie sie bisher erklärt wurden. Man glaubt, dass das Meereswasser gelegentlich in grossen Mengen auf glühende Lava, die im Innern oder in dem nach oben führenden Canale der Erdkruste sich befindet, einwirke. Man schliesst es namentlich daraus, dass Bacillarien in solchen Eruptionen sich befinden; man glaubt fälschlich, diese Diatomeen hätten mit Meerwasser die Vulkane passirt. Es finden sich in den ausgeworfenen Schlammmassen zuweilen keine Bimsteinreste; dies macht jene Erklärung zweifelhaft. Dagegen sind einige Erscheinungen, die sich gleichzeitig bei Vulkanen mit grossen Schlammeruptionen finden, geeignet, eine ganz andre Erklärung zu begründen: 1) solche Vulkane haben ungeheure Krater; der erwähnte Krater des Pangerango z. B. hat mindestens 300 Meter hohe Wände und  $\frac{1}{2}$  Wegstunde Durchmesser; 2) sie befinden sich in tropischen Gegenden, wo starker Regenfall ist; 3) wo starke Schlammeruptionen stattgefunden haben, sind die Ränder dieser Krater einseitig und meist nach Aussen zu eingestürzt; 4) es ist meist nur eine einzige Schlamm-Eruption von jedem solcher Vulkane bekannt. Die Vulkane Java's sind meist nur noch Solfataren; so lange nun die alten Krater unzerstört waren oder sind, sammelten sich die Regenschlammmassen zu Kraterseen darin an, die durch Solfataren sauer werden; das Gestein der Wände wird leicht dadurch chemisch zersetzt, es entsteht nicht blos Schlamm oder vielmehr feinerdige chemische Zersetzungsproducte (denn Schlamm ist ein Erosionsproduct), sondern die Kraterwände verlieren auch an den kleinen Abkühlungsspalten, wohin das saure Wasser dringen muss, ihre Festigkeit, sodass schliesslich die ungeheure Wassermasse der Kraterseen einen Theil der Kraterwände einstürzt. Es sind indess vier verschiedene Fälle möglich: 1) in Combination mit vulkanischen Bewegungen, empordringender Lava; dann tritt der Bimstein zugleich im Schlamm auf; man nennt dies dann Bimsteintuff; 2) ohne diese, dann auch ohne Bimstein; 3) die Krater sind ganz erloschen, haben keine Solfataren, dann sind die Kraterseen nicht sauer und wenn der Kraterrand durchbricht, kann nur wenig Schlamm herausgeschwemmt werden. Die Diatomeen wuchsen im Kratersee selbst; 4) Krater mit Süsswasser ohne Solfataren erliden, nachdem sie bereits mit Vegetation und zwar nur schilf- und moorartig (wie z. B. der Kalmussee, Telega Dringo auf Java) bewachsen sind, einen späteren, vulkanischen, z. Th. glühenden Contact, wodurch sich die Moya, die Erscheinungen bei Riobamba (vergl. Humboldt Kosmos, IV. 450), erklären, wobei organische Reste verkohlt auftreten.

Ebenso sollen Fische aus den Kraterseen bei derartigen Durchbrüchen mit herausgeschwemmt worden sein; dies ist sehr gut möglich, weil Wasservögel daselbst leben — wie ich zu meinem Erstaunen selbst auf den schwefeligen Kraterseen des Dienggebirges auf Java beobachtete — und solche Vögel mit Schlamm, der an den Füssen kleben bleibt, leicht Fischlaich, wenigstens auf kurze Strecken, transportiren können. Dagegen sind Austern und sonstige Meeresconchylien nie in Schlammeruptionen gefunden worden, was doch auch sein müsste, falls Fische, Diatomeen maritim-vulkanischen Ursprunges sein könnten. Meereswasser verursachte allerdings die Lavaeruptionen (vergl. Seite 103), dabei entwickelt sich aber solche enorme Gluth, dass nicht blos Wasser, sondern auch alle Organismen total chemisch zersetzt werden müssen.

Humboldt (Kosmos I., S. 148, Aug. 1870) erklärt das Vorkommen der Fische im Tuff dadurch, dass in unbekanntem Höhlen, die im Felsen der Vulkane verborgen sind, Fische in Wasseransammlungen sich befinden, welche gelegentlich Eruptionen mit herausgeworfen werden. Meine Erklärung ist, bekannten Thatsachen entsprechend, schon deshalb richtig, weil sich die obenerwähnten, chemisch zersetzten Felsstücke und Rollsteine im Tuff finden; mögen letztere auch erst beim Abfliessen des Kraterschlammes abgerundet worden sein. Uebrigens ist die Ablagerung dieses Tuffes vom Pangerango in den Preanger-Residenschaft Java's eine ausgedehnte, entsprechend der Grösse des früheren Kratersees.

Kochsalzgehalt von Flüssen in 100000 Theilen: Rhein 0,15 — 0,20 — 1,45, Themse 1,57 — 4,44. (Der Unterschied resultirt daraus, dass je näher der Mündung, der Salzgehalt desto grösser wird, und zwar, weil im angeschwemmten Lande die Verwitterung des Felsengruses in Folge des begleitenden Humus schneller vor sich geht, als in Gebirgen und daher die Bäche und Flüsse um so mehr Salz aufnehmen, je länger ihr Lauf ist, wobei sie zugleich durch Verdunstung concentrirter werden. Doch mögen auch bei der Themse etc. die Abfälle grosser Städte Einfluss haben). Die Elbe hat 3,94 Chlorüre; der Mississippi 5,4 Chlorüre und schwefelsaures Natrium (Kochsalz angeblich gar nicht, doch giebt Chlorcalcium und schwefelsaures Natrium Kochsalz und Gyps!); Kochsalzgehalt der Maas 1—1,50, Rhone 0,17 — 0,7, Genfersee 0,9, Garonne 0,32, Loire 0,48, Exe bei Exter 6,05, Weichsel 0,7, St. Lorenzstrom 1,5 etc. Der mittlere Salzgehalt der Ozeane ist 3,527‰, mit Schwankungen zwischen 3,296 — 3,728‰, das Südpolarmeer hat auffallender Weise nur 3,296‰, das Mittelmeer 3,670—3,925‰, weil sich sein Salzgehalt absetzen kann, indem die Strasse von Gibraltar nicht tief ist, während von Bischoff infolge von ozeanischen Strömungen der Salzgehalt der Meerestiefe als nicht stärker betrachtet wird. Dagegen Kattegat 1,087—1,991‰ und Ostsee 0,48—0,749‰, das schwarze Meer 1,389‰, das caspische Meer 0,731—1,623‰, das Asow'sche Meer 0,96‰. Das todte Meer hat 6,5—12‰ Chlornatriumgehalt bei etwa gleichem Chlormagnesiumgehalt, die Seen der Kirgisensteppe 20—24‰ bei 4,5 resp. 1,73‰ Chlormagnesium.

Bischoff betont, dass sich im Meer fast gar nicht schwebende Kalktheilchen finden, was durch Corallenthierchen, die nur im reinsten Meereswasser bauen und durch Muschelthiere erklärlich sei; Credner sagt (l. c. 217), von dem Wasser unsrer heutigen Meere müssten 75‰ verdunsten, ehe sich kohlen-saurer Kalk absetzen könnte. Bischoff nimmt sogar an, dass heutzutage unterseeische Kalklager aufgelöst werden. Er erklärt dies durch Kohlensäuregehalt des Meeres, doch stützt sich seine Annahme von freier Kohlensäure im Meer nur auf wenige Analysen von Seewasserproben, die während der Seereise verdorben jedenfalls erst dadurch Kohlensäure entwickelt haben; wenigstens

Diese Kraterschlammvulkane wolle man wohl unterscheiden von Salsen oder Dampfschlammvulkanen, wie ich Seite 125 einen erwähnte; letztere sind ohne Wasser entstanden, überhaupt keine Wasseranhäufungen; sie entstehen, indem unterirdische Dämpfe hervorbrechen und oben die Erde zu einem Brei auflösen oder selbst durch festen Thon Löcher bohren; man erklärt sie theilweis für gar nicht vulkanisch, nur aus unterirdischen, verkohlenden Pflanzenanhäufungen resultirend, deshalb meist von Kohlenwasserstoffen begleitet. Wenn man sie aber infolge tiefer, heisser Erdspalten entstanden betrachtet, in welche Meerwasser mit thierischen Organismen eindringt, wobei letztere dann durch geringere Hitze, als zu Lavabildung nöthig ist, auch in bituminöse Produkte, die meist sparsam dabei auftreten, verwandelt werden müssen, so dürfte dieses eine ungezwungener Erklärung sein. Wenn Meereswasser in eine solche tiefe Spalte gelangt, so wird das Wasser allerdings nicht bis zu solchen Stellen fliessen, wo grössere Hitze als 100° ist, weil es dampfförmig wird, wohl aber werden Organismen gelegentlich dahin gelangen und eine trockne Destillation erleiden. Jedenfalls dürfen diese Spalten nicht so tief sein, nicht so starke Hitze entwickeln, dass Kochsalz zersetzt wird, sonst würden solfatarartige Erscheinungen auftreten. — Es ist diese Erklärung um so wahrscheinlicher, als Salsen öfter mit vulkanischen Erscheinungen verknüpft sind. — Im Yellow-Stone-Geysir-Gebiet finden sich einige Dampfschlammvulkane neben den Geysirs, aus reinen Wasserdämpfen entstanden, ohne Theer und sonstige Kohlenwasserstoffe; letztere fehlen, weil dort kein organismenreiches Meerwasser die Veranlassung sein kann; es kann aber nicht der geringste Zweifel herrschen, dass das Wasser jener Geysirs in tiefen Erdspalten erhitzt wird.

zeigen andre Analysen, dass mit der Tiefe der Gehalt an Luft abnimmt\*) resp. aufhört; es ist in Meerwasseranalysen meist. gar kein gelöstes Kalkcarbonat angegeben; in dem salzarmen kaspischen Meer sind 0,018—0,017, im schwarzen Meer 0,036 und Asow'schen Meer 0,002 in 100000 Theilen gefunden worden; während sich im salzreichen Mittelmeer in 3,69—4,07—3,43—3,77 ‰ Gesamtsalzgehalt nur 0,041—0,02—0,000—0,03 ‰ gelöster kohlenaurer Kalk ergab; dies würde in 100000 Theilen Meerwasser 0,111—0,025—0,00—0,83 sein oder  $\frac{1}{90}$ ,  $\frac{1}{200}$ ,  $\frac{1}{126}$  des Salzgehaltes. Forschen wir einmal nach, weshalb im Meer jetzt so wenig Kalkcarbonat ist.

Das Regenwasser absorbt zwar die in der Luft befindliche, von Thieren und Pflanzen ausgehauchte Kohlensäure, aber nur wenig kommt davon in's Meer, weil die Landpflanzen in der Hauptsache von diesem kohlen-sauren Niederschlagswasser leben und es schnell absorbiren. Auch Regen bringt keine oder nur sehr selten Kohlensäure ins Meer; die Wolken, die sich auf dem Lande bilden und dabei Kohlensäure aufnehmen, entladen sich nur in seltenen Ausnahmen auf dem Meer; in Folge der grösseren Erwärmung des Landes findet fast stets der andre Fall statt: kohlen-säurefreie, schwerere, kühlere, aus dem Meer entstammende Wolken verdrängen meist die mehr erwärmte, leichtere Luft über dem Lande und lassen ihr Wasser auf dem Continente fallen.

Ob aber im Wasser gelöste Kohlensäure ohne Druck die im Wasser suspendirten Kalktheilchen überhaupt auflösen kann, ist noch sehr problematisch, noch unerwiesen. Ein einfaches Experiment zeigt das Gegentheil. Bläst man in kaustisches Kalkwasser Kohlensäure, zum Beispiel seinen Athem, so wird sofort kohlen-saurer Kalk gefällt; man kann sich aber die Lunge ausblasen oder sonst lange Zeit  $\text{CO}_2$  zuleiten, der Niederschlag löst sich doch nicht wieder auf. Doppelkohlen-saurer Kalk entsteht nur unter Druck bei Ueberschuss von  $\text{CO}_2$ . Deshalb wirkt das Sickerwasser, welches unter dem Druck von nachfolgendem Wasser steht, im Innern von Kalkbergen mehr als Wasser an der Oberfläche des Berges, wie uns die im Kalkgebirge häufigen Höhlen beweisen. Ich will damit keineswegs die Auflösungs-fähigkeit der feuchten Kohlensäure für Gesteine in Abrede stellen; denn wenn wir auch viele Mineralien und Gesteine nicht als wa-serlöslich chemisch nachweisen können, so beweisen doch zahlreiche andre Thatsachen, dass alle Felsen von kohlen-sauren Wässern langsam zerstört werden; aber vor überschwinglichen Urtheilen über die Lösungs-fähigkeit der Kohlensäure für Gesteine möchte ich warnen.

In früheren geologischen Perioden ist der reiche, gelöste Kalkgehalt des Meeres leicht erklärlich, wegen der in geringer Tiefe noch heissen Erdkruste. Das Kalkbicarbonat ist eine höchst ephemere Verbindung, die natürlich entsteht, wenn durch vulkanische Wärme aus Kalk Kohlensäure ausgetrieben und diese Kohlensäure in Wasser (z. B. Sickerwasser) gelangt, in welchem sie zu gleichem Volumen löslich ist, wenn dieses kohlen-saure Wasser alsdann durch Kalk passirt und gleichzeitig ein erhöhter Druck stattfindet. Denn nur unter Druck löst Kohlensäure den Kalk in Verbindung mit Wasser auf.

Weil aber im heutigen Meer Kalkcarbonat fast fehlt, ist es wahrscheinlich, dass der Kalkbedarf der kalkbedürftigen Meeresorganismen heutzutage aus dem reicheren Chlorcalciumgehalt des Meeres gezogen wird, denn die Spuren von gelöstem Kalkcarbonat genügen nicht im Entferntesten dem Bedürfnisse

\*) Neuere Beobachter behaupten das Gegentheil. Die Frage bedarf noch ge-nauerer Untersuchungen.

jener Pflanzen und Thiere. Die durch die Consumtion des Chlorcalcium seitens der Meeresorganismen freiwerdende Salzsäure zersetzt alsdann die dem Meere mechanisch beigemischten Kalkcarbonattheilchen und vielleicht das spurenweise darin vorhandene Natriumcarbonat. Freie Salzsäure ist im Meere bisher noch nicht nachgewiesen; sie wird auch kaum frei bleiben können; es genügt aber deren vorübergehende Ausscheidung im Organismus vielleicht zur Erklärung, dass die Pflanzen des Meeres meist nicht grün sind. Es giebt verschiedene lebende Organismen, welche zugleich im Süß- und Salzwasser leben; sie haben dann in ersterem eine grüne, in letzterem eine bleichgrüne bis rothe Farbe.

Es klingt absurd, dass Organismen die Salzsäure des Chlorcalcium durch die viel schwächere Kohlensäure verdrängen sollten und doch muss es wohl so sein. Indess giebt es ein Analogon: die in Wäldern von Laub lebenden Schnecken, welche ein Gehäuse von Kalkcarbonat tragen, können sich letzteres auch nur aus dem in fast allen Pflanzen sich findenden oxalsauren Kalk bilden; denn kohlenaurer Kalk fehlt fast gänzlich in unseren Landpflanzen; ebenso leben solche Thiere oft in Gegenden, wo der Boden kalkfrei ist. Auch giebt es Schnecken, die z. B. manche Cruciferen, Allium fressen und den oxalsauren Kalk einerseits in kohlenaurer Kalk und andererseits die organischen Schwefelverbindungen in Schwefelsäure umwandeln, denn gypshaltige Pflanzen sind unbekannt; und selbst wenn gewisse Schnecken Gyps aus dem Boden direct nehmen würden, bleibt immer das merkwürdige Resultat, dass sie fähig sind, eine starke Säure auszuschcheiden und zugleich kohlenaurer Kalk zu bilden. Die Schnecke, welche Schwefelsäure ausscheidet, ist eine *Dolium* species.

Dass übrigens auch die nicht kalkeinlagernden Meerespflanzen, also *Fucoideen* etc., die Salzsäure durch organisch gebildete Kohlensäure verdrängen, geht daraus hervor, dass die Tange beim Verbrennen Soda liefern, die sie doch nur aus dem Kochsalz bilden konnten. Merkwürdigerweise liefern auch folgende phanerogame Strandpflanzen, deren Existenz an Kochsalz gebunden ist, Soda: *Aster Tripolium*, *Cochlearia officinalis*\*, *Glaux maritima*, *Halimus*, *Plantago maritima*, *Salicornia*, *Salsola*, *Zostera*, während Pflanzen, die nicht auf Salzboden wachsen, fast nie Soda liefern. Wenn auch die Kali- und Natronsalze in der Pflanze selbst nicht immer an Kohlensäure, sondern an organische, schwache Säuren gebunden sein mögen, so entstehen doch beim Verbrennen stets kohlenaurer Alkaliverbindungen, während Kochsalz, das als solches zugleich von den Pflanzen aufgenommen wurde, beim Verbrennen mit Organismen nicht in kohlenaurer Natron ungeändert wird. Jedenfalls müssen über diese lebenden Pflanzen das Kochsalz schon deshalb zersetzen, weil ihnen keine andre Natronverbindung zur Verfügung steht.

Noch einige Mittheilungen über die ephemere Natur des doppelkohlenaurer Kalkes. Kalkbicarbonat, wenn es infolge von Druck entstanden sich gelöst findet, zersetzt sich beim Erwärmen, resp. wenn kalkhaltige Quellen an der Luft ihren Druck verlieren, sofort in Kohlensäure, Wasser und Kalkcarbonat; nur wenig bleibt gelöst und scheidet sich dann (z. B. in Leitungsrohren) aragonitartig mit radialstänglicher Structur aus. Da lösliches Kalkbicarbonat sich aber nicht leicht ohne Druck bildet, ist der Kalkabsatz mancher Gewässer und Brunnen nur so erklärbar, dass sich die Auslaugungsproducte verwitternder

\* *Cochlearia*-Arten sollen, nach Focke's Culturversuchen, Kalisalze bedürfen, nicht Kochsalz. Deshalb mögen wohl diese ursprünglichen Strandpflanzen im Culturlande, wo Kalisalze mehr als Natronsalze auftreten, sich leichter eingebürgert haben als viele andre Strandpflanzen.

Gesteine wie folgt zersetzen:  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 = 2\text{NaCl} + \text{CaCO}_3$ , also Soda + Chlorcalcium = Kochsalz + sich absetzender Kalk.

Auch das Steppensalz dürfte derart meist nur ein secundäres Product, nicht durch Verwitterung der Steine direct entstanden sein; von den Gesteinen wittert Soda aus, die ja als solche öfters in Wüsten gefunden wird, die ihr Krystallwasser in der dürren Steppe, Wüste verliert und unkrystallinisch wird, ferner Chlorcalcium mit seiner enorm wasseranziehenden Kraft, das man, weil feucht, nicht als solches bemerkt, das aber infolge des feuchten Zustandes die pulverige Soda anzieht, wobei sie chemisch zu leicht krystallisirendem Kochsalz einerseits und erdigem Kalk andererseits umgewandelt werden.

Und letzterer chemische Prozess muss der vorherrschende sein; es geht daraus hervor, dass alle Feldspathgesteine, also in der Hauptsache die Urgesteine, durch kohlenensäurehaltiges Sickerwasser zersetzt werden. Es entsteht einerseits Sand und Thon, andererseits kohlen saure Alkalien. Sand und Thon als Umwandlungsproducte sind in Menge in der Natur vorhanden; wo sind aber die löslichen Natron- und Kalicarbonate geblieben? Sie sind, da das Endresultat der wechselseitigen Zersetzung mit Chlorcalcium und Chlormagnesium stets ausgefallter Kalk und Dolomit einerseits und Kochsalz und Chlorkalium andererseits ist, als letztere in's Meer geführt worden, soweit die Kaliumverbindungen nicht von den Bäumen und Landpflanzen analog den phosphorsauren Salzen absorbirt wurden. Es ist bekannt, dass die Bäume sämmtlich Potasche liefern und die Thiere das Material zu ihren Phosphatknochen nur den Pflanzen entnehmen. Es sind diese scheinbar geringen Absorptionen der Pflanzen also nicht zu unterschätzen, denn sie erklären uns das seltene Auftreten der Kalium- und Phosphorverbindungen im Meer. — Ferner muss man aber folgern, weil die 2—10% Alkali enthaltenden Feldspathgesteine nur eine allmälige Zersetzung erfahren, dass das Meer erst nach und nach salzig wurde.

Nun zeigt sich allerdings, dass das Meer nicht kohlen saures Natron, sondern Chlornatrium enthält, und dass die chemischen quantitativen Analysen der Feldspathgesteine kein oder nicht das entsprechende Quantum Chlor aufweisen, welches genügt, um ersteres zu letzterem zu verwandeln. Indess es muss vorhanden sein, denn das Natriumcarbonat fehlt neben Thon und Sand in aequivalenten Mengen in der Natur. Ausserdem beweist auch — wie ich S. 113 etc. erwähnte — der mikroskopische Apatit- und Kochsalzeinschluss, dass Chlor oft in Urgesteinen existirt. Ferner zeigen uns die Quellen aus allen Feldspathgesteinen (s. Seite 137), dass Kochsalz darin ist, sodass man annehmen muss, dass die bisherigen Methoden dieser Gesteinsanalysen nicht exacte Resultate ermöglichten. Die kleinen Mengen festgebundenen Chlors in quarzigen Urgesteinen sind beim Aufschliessen dieser Felsarten durch Schmelzen mit Alkali etc. verflüchtigt und waren dann in den wässrigen Lösungen nicht mehr nachweisbar.

Der kohlen saure Kalk fehlt also gelöst im heutigen Meer oder ist in solchen Spuren vorhanden, dass er sich nicht krystallinisch absetzen kann. Wenn er sich dennoch zuweilen etwas ausscheidet, so geschieht es in andrer Form, kreideartig, und dies dürfte infolge Verdrängung durch den Kochsalzgehalt des Meeres verursacht sein. Die ältesten Umwandelungskalke — also vom Urkalk abgesehen — sind aber fein- und klein-krystallinisch, mit Ausnahme des vulkanisch veränderten Marmors, woraus sich ergibt, dass sie sich aus doppelkohlen saurer Kalk-Lösung schnell abgesetzt haben müssen. Ob nun ein kalkcarbonatreiches Meer mit einem kochsalzhaltigen vereinbar ist, ob und wie sie sich ähnlich Chlornatrium und Chlormagnesium in gesättigter Lösung

verdrängen, dafür fehlen noch Erfahrungen. — Ich kenne zwar ein gleichzeitiges Vorkommen von Salzwasser und doppelkohlensaurem Kalk. In Kuripan bei Beutenzorg nahe dem erloschenen Vulkan Gede auf Java entspringt in Meereshöhe von 360' eine 35° R. heisse Quelle; sie enthält 2% Kochsalz, 1,2 Kalkcarbonat und 0,1 Kohlensäure. Sobald aber das Wasser hervorspringt, setzt sich aller Kalk sofort ab, die Kohlensäure entweicht. Es ist ein 80 Fuss hoher Hügel infolge dessen entstanden, das ablaufende Wasser aber scheint kalkfrei zu sein, denn in den umliegenden Reisfeldern, wohin es läuft, sieht man keine Kalkabscheidungen. Wenn nun dort diese beiden chemischen Verbindungen gleichzeitig durch vulkanische Kraft aus der Erde gepresst werden — vielleicht dort verursacht durch ein Austern- resp. Muschellager, wie sie sich auf Java hier und da nahe dem Meer längs der jetzt fortwährend sich hebenden nordöstlichen Seite im Erdreich finden, unter Mitwirkung von Meereswasser, das in eine tiefe, vulkanisch erhitzte Spalte eindringt — so beweist dies doch, dass in Wasseransammlungen, also auch im Meere, Chlornatrium und Kalkbicarbonat in erheblicheren Mengen neben einander nicht bestehen können. In minimalen Mengen ist dies möglich, wie die Salinen zeigen, wo sich der Dornstein aus Salzsoole abscheidet. Wenn sich nun auch Kalkcarbonat und Chlornatrium nicht unbedingt in den natürlich vorkommenden schwachen Lösungen verdrängen, so scheint doch ein bedeutender Unterschied in der Beschaffenheit des Kalkes zu resultiren, je nachdem er sich aus salzfreiem Wasser ausscheidet oder aus salzigem; in ersterem Falle sind die Kalkgesteine krystallinisch, in letzterem Falle wahrscheinlich amorph. Waren die ältesten Kalke, die sich gasogen niederschlugen, grob krystallinisch, so sind die älteren Sedimentärkalke aus salzfreiem Meer klein krystallinisch und werden mit steigendem Salzgehalt immer mehr kryptokrystallinisch oder gar amorph-erdig, wie sich uns dies in späterer Periode in den Gesteinen der Kreideformation, auch als Bindemittel vieler Sandsteine, ferner besonders noch als Mergel und Kreide darbietet. Doch muss Mergel theilweis als Schlemmungproduct gemeinsam mit Thon aufgefasst werden; je mehr Thon er enthält, um so eher tritt er bituminös und pflanzenerhaltend auf. Die Kreide dagegen dürfte nur zum geringen Theil zoogenen Ursprunges sein, denn man kann viel Kreide mikroskopisch untersuchen, ohne Foraminiferen darin zu finden. —

Ich will noch erwähnen, dass das an Salinen von den Gradirwerken durch den Wind weggejagte Salzwasser und das vom Meer bei Stürmen aufgepeitschte Wasser sich in gewissem Maasse salzhaltig in der Luft erhält; darauf basirt die Lebensbedingung vieler Halophyten, namentlich der Cocospalme, die leicht salzigen Boden entbehren kann, wenn sie nur salzfeuchte Luft erhält; dagegen ist das durch Verdunstung entstehende atmosphärische Wasser salzfrei, denn der Regen enthält nie Salz. Ich erwähne dies nur, weil man mir diesen Umstand als Argument entgegenhielt, dass sich Kochsalz mit Wasser in der Luft zugleich befinden könne; nachdem ich indess ausführlich gezeigt, wie Kochsalz entstand und dass es in den ältesten Perioden als Massengestein und im Meer fehlte, ist dieser unerhebliche Einwand gegenstandslos geworden.

Ich möchte nun zum Schluss noch approximativ berechnen, wieviel Millionen Jahre nöthig sind, um den mittleren Salzgehalt des Ozeans von 3,5% mit Auslaugungen der verwitternden Gesteine durch Regenwasser zu erklären. Dies kann selbstverständlich nur ausserordentlich annähernd geschehen. Ich will den Salzgehalt des in das Meer ausfliessenden Wassers im Durchschnitt auf 0,00001 annehmen; dies ist jedenfalls zu niedrig, denn die grösseren Flüsse

mit dem vier bis sechsmal so starken Gehalt müssten mehr berücksichtigt werden. Ich will annehmen, dass die Ausdehnung des Meeresniveau sich gleichgeblieben sei und ferner, dass auf dem Meere und dem Lande gleich viel Wasser verdunste; ich will die durchschnittliche jährliche Regenmenge der Erde auf 30 Zoll oder 0,7 Meter schätzen, die Tiefe des Ozeans durchschnittlich 3000 Meter annehmen. Wie oft muss sich nun diese Verdunstungs-Schicht des Meeres von 0,7 Meter à 0,00001 Salzgehalt erneuern, um 3000 Mtr. à 0,03;

Salzgehalt zu liefern? 
$$\frac{3000 \times 0,03}{0,7 \times 0,00001} = 15 \text{ Millionen Jahre.}$$

Wenn der durchschnittliche Salzgehalt der Flüsse zu niedrig gegriffen ist, würde der Meeressalzgehalt sich schneller entwickelt haben. Jedenfalls ist die Verdunstung des Meeres viel stärker als die des Landes und dürfte sich deshalb diese Schicht schneller, also in viel weniger Jahren, erneuern. Doch ist möglicherweise 30 Zoll Regenfall zu viel und diese zwei Fehler dürften sich insofern heben. Früher war die Meerésoberfläche im Verhältniss zum Lande viel ausgedehnter; es konnte nur weniger Land durch Regen zersetzt werden und dadurch musste die Zuführung von Salz langsamer von Statten gehen; dies gleicht sich indess wiederum dadurch aus, dass früher\*) viel mehr Regenfall stattfand. Die Durchschnittstiefe aller Meere ist vielleicht nur 2000 Mtr., dann würden nur zehn Millionen Jahr nöthig sein, um den heutigen Salzgehalt des Meeres nur durch Gesteins-Verwitterung zu erklären; aber selbst wenn es dreissig Millionen Jahre gedauert hätte, ist erst die Hälfte der Zeit verbraucht, also von sechzig Millionen Jahren, die, wie Croll laut Darwin's Mittheilung berechnet hat, seit dem Niederschlag des Regens in der ersten Cambrischen Formation verflossen sind.

Die Auslaugungen von Salzlagern können im Ganzen Grossen bei dieser Berechnung nicht in Betracht kommen, weil letztere nachträglicher Entstehung sind, erst durch Verdunstung von Meeresbecken sich bildeten. Wenn man sich nun alle Salzlager, die im Allgemeinen doch sehr zerstreut und relativ winzig sind, nur nesterweise existiren, im Meer aufgelöst dächte, so dürfte daraus höchstens  $\frac{1}{2}\%$  Mehrgehalt an Salz resultiren, also  $4\%$ , und würden aus den berechneten 10 — 15 Millionen dadurch ungefähr  $11\frac{1}{2}$  —  $17\frac{1}{2}$  Millionen Jahre.

Ein Moment erachte ich aber für höchst wichtig bei Anstellung dieser Berechnung. Die Felsen werden weniger durch kohlenäurehaltigen Regen als durch solches Sickerwasser, das sich im Humus bildet, zersetzt. Letzterer ist, weil er selbst ausserordentliche Absorptionsfähigkeit für Gase hat, unendlich reicher an Kohlensäure, sowie auch an ähnlichen pflanzlichen Säuren, die ebenso felsenerstörend wirken, z. B. Huminsäure. Da nun aber die erste starke Vegetation ozeanisch war, früher die Humusdecke fehlte, kann erst nach der Steinkohlenzeit eine geringe, dann progressiv steigende und erst mit der Triasperiode eine der Jetztzeit ähnlich schnelle — wengleich relativ langsame -- Verwitterung eingetreten sein.

Dies schliesst nicht aus, dass sich in der Steinkohlenzeit selbst in isolirten Wasserbecken bloss infolge Verwitterung durch Regen, die nur längere

\*) d. h. in der huronischen und seit der carbonischen Periode, denn während der Silur- und Devon-Zeit dürfte eine gleichmässige, nebelartige Atmosphäre mit wenig Regen den Erdball überlagert haben. Die Erosion war damals eine viel langsamere als heute, wo Temperaturverschiedenheit und Landvegetation häufige Regen veranlasst; man muss demgemäss die Silur- und Devon-Periode viel länger dauernd schätzen, wenn man die Erosionsproducte als Maassstab anlegt.

Zeit braucht, bereits einige Salzlager bildeten. Haeckel schätzt die Primärzeit, worunter er Devon, Steinkohlen und Dyas versteht, auf  $32,1\%$  im Verhältniss zu der nachher verfloffenen Zeit zu  $14,3\%$ .

Dass sich in dem grösseren, vorhergehenden Zeitraum, soweit er gleichfalls neptunisch ist, keine Steinsalzlager bildeten, liegt wohl daran, dass keine Verdunstung infolge feuchter Atmosphäre stattfinden konnte. Eine stellenweise trockenere Luft wurde jedenfalls erst durch die grossartige, zum grossen Theil über Wasser entwickelte Vegetation der Steinkohlenwälder veranlasst. Das Quantum des in den ersten Zeiträumen durch Erosion, die man sich, weil unter Ausschluss von Kälte, wechselnder Trockenheit und Humus, als die Gesteine minder schnell und fein zermalmend vorzustellen hat, freigewordenen Salzes aus den mikroskopischen Einschlüssen muss relativ so verschwindend gewesen sein, dass es, wie heute in unsern Süsswassern, auf die Vegetation nicht hindernd einwirken konnte.

Es stimmen obige Zahlenverhältnisse einigermaassen, wenn man bedenkt, dass erst zu Ende der Triaszeit die Süsswasserfische sich auf die Continente beschränkten. Meine botanischen Folgerungen, dass das Urmeer früher salzfrei — d. h. mindestens so salzfrei als es unsere heutigen Süsswasser sind — gewesen sein müsse, bestätigen sich also nicht blos durch geologische, chemische und zoologische Thatsachen, sondern auch durch obige Berechnung.

Da die ältesten Reste von Organismen, die man als Petrefacten fand, allenthalben gleich sind, da Salzgehalt die Vegetation fast vernichtet, aber eine solche doch im Meere überreich existirte, wie uns die Ozeanwälder der carbonischen Periode und auch die früher viel häufigeren Seethiere beweisen, welche doch eine Vegetation zur Ernährung bedangen, weil ferner Thiere der älteren Perioden nur Wasserthiere waren, es also keine Landvegetation damals gegeben haben kann — denn sonst gäbe es auch Landthiere aus jenen Zeiten —, muss man folgern, dass das Wasser ursprünglich überall gleichmässig salzfrei war.

Wäre das Meer von Anfang an salzig gewesen, wie bisher wohl alle Naturforscher annahmen, so müssten wir jetzt ein viel salzreicheres Meer haben; denn neben den Mengen von Sand und Thon müssten dann mehr als aequivalente Mengen löslicher Natronverbindungen aus den verwitterten Feldspathgesteinen vorhanden sein, die wir eben fast nur im Meer angesammelt finden. Infolge eines salzigen Urmeeres, das früher den Erdball viel mehr bedeckte als das jetzige Meer, hätte sich die heutige Vegetation überhaupt nicht entwickeln können. Es könnten gewisse Süsswasserfische nicht in gleichen Gattungen und Formen in zwei entfernten Continenten vorkommen, wir hätten keine Anthracit- und Steinkohlenlager, ferner keine muschelreichen Kalkgebirge, wenn das Meer nicht salzfrei gewesen wäre. Wir haben dadurch eine ungezwungene Erklärung der im Allgemeinen gleichmässigen Verbreitung der Pflanzenfamilien und mancher Eigenschaften niederer Phanerogamen, die als directe Nachkommen der ursprünglichen Meeresvegetation minderpassende, ererbte ausgebreitete Wurzeln ohne Hauptwurzel und parallelnervige, schmale Blätter besitzen, im Gegensatz zu Dicotylen, welche man als zu Ländpflanzen besser modificirte, mit Hauptwurzeln und verzweigt-nervigen, breiteren Blättern versehene, indirecte Nachkommen ansehen muss; ferner dafür, dass eine unendlich reiche Wasservegetation, welche vor der wegen des ursprünglich fehlenden Felsengruses und Humus unmöglichen Landvegetation doch existirt haben muss, infolge des allmählig entstehenden Salzgehaltes verschwand; dafür, dass zwischen Steinkohlenzeit und

Braunkohlenzeit unendlich lange, kohlenarme Zeiträume verflossen; schliesslich, dass die einfachsten Organismen vorherrschend im Süsswasser leben; wie sich denn noch viele andre Erscheinungen einfacher dadurch erklären lassen als bisher.

Die Untersuchungen, ob das Urmeer salzfrei war, zwangen mich, eine Anzahl der brennendsten geologischen Streitfragen zu behandeln, wobei ich denn ausserdem noch zu überraschenden Resultaten gekommen bin. Stritt man sich bisher, ob die Erdkruste plutonisch oder neptunisch entstanden sei, so zeigte ich, dass keines von beiden möglich war, sondern nur ein krystallinisches Entstehen aus glühender Atmosphäre stattgefunden haben kann; glaubte man bisher allgemein, dass die Erde im Innern feuerflüssig und früher unser ganzer Erdball gluthschmelzend gewesen sei, so konnte ich dies widerlegen; unsre Erde ist im Innern fest, obwohl für uns unmessbar heiss. Es führten mich diese Forschungen zu weiterem Ausbau und theilweiser Abänderung der Kant'schen Theorie der Kosmogonie.

Meine Hypothesen über die selenogone Periode, über Entstehung der Urgesteine einschliesslich des Graphits, sowie der mineralischen Kohlenwasserstoffe, insbesondere des Petroleums und Asphaltes, ferner der Stein- und Braunkohlenlager, der vulkanischen Eruptionen, der Lava, des Bimsteins, des Tuffes, schliesslich der verkieselten Bäume entsprechen bekannten Thatsachen mehr als frühere Erklärungsversuche.

# Register.

- A**brus 27.  
Abuliton 8, 60.  
Acacia 30, 31, 37, 38.  
Acanthaceae 91.  
Acer 66, 87, 130.  
Aconitum 89.  
Acorus 29, 58, 61.  
Aegopodium 31.  
Aesculus 39.  
Aethusa 48.  
Agamie 62.  
Agamosporen 62.  
Agave 77.  
Agrimonia 36, 42, 79.  
Ajuga 42, 47, 79  
Albizzia 38.  
Algae 81, 82, 98, 128, 132, 134.  
Allium 49, 77.  
Allogamie 7.  
Alnus 19, 41, 130.  
Alocasia 81.  
Amarantaceae 80, 85.  
Amaryllis 90.  
Amomum 80.  
Amygdalus 37.  
Anacardium 21, 24.  
Anastatica 11.  
Ananas 23.  
Anchusa 91.  
Antennaria 59.  
Anthericum 79.  
Antheridien 56, 62.  
Anthoxanthum 47, 67.  
Anthyllis 8, 11.  
Antirrhineae 85.  
Apetalae 28.  
Apfel - Pyrus.  
Apfelsine - Citrus.  
Apium 29.  
Aquilegia 89.  
Arachis 15.  
Araucaria 17, 99.  
Archegonium 62.  
Arctostaphyllus 51.  
Areca 28.  
Aristolochia 85.  
Armeria 11.  
Aroideae 6, 48, 49, 64, 70, 77, 85, 86.  
Artemisia 37, 46.  
Artocarpus 23, 25, 26, 27.  
Arundinaceae 52.  
Asclepiadeae 7, 8, 29, 45, 47, 67, 83, 85.  
Ascobolus 12.  
Asparagus 9, 49.  
Asperifoliae - Borragineae.  
Asperula 47.  
Aster 91, 141  
Astragalus 11.  
Astrantia 48.  
Atriplex 10.  
Atropa 49, 67.  
Aurantiaceae 23.  
Autogamie 7.  
Azolla 13.  
**B**actris 31.  
Bambusa 22, 23, 31, 36, 52, 66, 67.  
Banane - Musa.  
Banyane - Ficus.  
Bartsia 89.  
Batatas 22.  
Batrachospermum 132.  
Berberis 30, 32, 33.  
Berteroa 42.  
Betula 40, 130.  
Bignonia 56, 57, 70.  
Birne - Pyrus.  
Bombaceae 18, 34.  
Borrago 47.  
Borraginaceae 35, 36, 78, 85, 88, 91.  
Brodfrucht - Artocarpus.  
Brombeere Rubus.  
Bromeliaceae 6, 13, 23, 87.  
Bryonia 7.  
Bryophyllum 28.  
Bryopsis 81.  
Bupleurum 48.  
Burlingtonia 8.  
**C**acao - Theobroma.  
Cacteeae 23, 30, 41, 45, 46, 89.  
Cakile 11.

- Calamarien 12, 45, 69, 129.  
 Calamus 70.  
 Calmus - Acorus.  
 Calceolaria 89.  
 Callitriche 80.  
 Calysanthes 56.  
 Calycophyllum 6.  
 Campanula 36, 79, 84, 88, 89.  
 Canadabalsamtanne 17.  
 Capsicum 22.  
 Cardamine 21, 80.  
 Carex 15, 34.  
 Carica 7, 22, 24, 27.  
 Carlina 65.  
 Carposporeae 63.  
 Caryphyllaceae 89.  
 Cascarella 72.  
 Casuarina 17, 71.  
 Caulerpa 81.  
 Cecropia 36.  
 Centaurea 33, 89.  
 Centranthus 88.  
 Ceratophyllum 80.  
 Cereus 84.  
 Chaerophyllum 48.  
 Chara 59, 132.  
 Chelone 89.  
 Chenopodium 10, 80.  
 Chrysanthemum 64, 84.  
 Cicnorium 79.  
 Cicuta 48.  
 Cinchona 20, 48, 61, 72.  
 Cirsium 39, 50, 88.  
 Citrone - Citrus.  
 Citrullus 23.  
 Citrus 23, 24, 26.  
 Cladophora 81.  
 Clematis 89.  
 Clusia 21.  
 Cochlearia 141.  
 Cocos 11, 22, 28.  
 Coelebogyne 59.  
 Coffea 24, 25, 27.  
 Coix 23.  
 Colocasia 23.  
 Colchicum 79.  
 Coloquinthe - Citrullus.  
 Commelina 78.  
 Compositae 5, 6, 64, 84, 87, 88.  
 Coniferae 15, 17, 19, 28, 35, 38, 41, 48,  
 50, 51, 53, 54, 68, 70, 71, 83, 126, 129, 130.  
 Conium 48.  
 Convolvulus 15, 34, 79, 84, 89.  
 Corolliflorae 56, 57.  
 Corallineae 132.  
 Corydalis 8, 89.  
 Corylus 61.  
 Corypha 56.  
 Crataegus 11, 30, 43.  
 Crepis 79.  
 Crithmum 11.  
 Crocus 15, 78.  
 Cruciferae 9, 49, 78, 84, 89, 90.  
 Cryptogamae 21, 29, 62, 98.  
 Cucumis 20, 23, 79.  
 Cucurbita 79.  
 Cucurbitaceae 23, 24, 26.  
 Cuphea 87.  
 Cupressus 130.  
 Cupressineae 129.  
 Curatella 36.  
 Curcuma 80.  
 Cycadeae 28, 129.  
 Cyclamen 77.  
 Cydonia 26.  
 Cynoglossum 89.  
 Cyperaceae 34, 47, 66, 67.  
 Cytisus 53.  
 Daphne 51, 88.  
 Dattel - Phoenix.  
 Dasylyrion 56.  
 Datura 39, 83.  
 Desmidiaceae 20.  
 Desmodium 90.  
 Deutzia 36.  
 Diatomeae 20, 82, 124, 138.  
 Dichogamie 8.  
 Dicotyledones 14, 28, 68, 69, 99, 145.  
 Digitalis 8.  
 Dionaea 40.  
 Dipsacus 87.  
 Dipterocarpeae 23.  
 Dodecathion 77.  
 Dolichos 11, 35.  
 Dracaena 85.  
 Drosera 39, 40, 80.  
 Durio 25, 26, 27.  
 Echenais 39.  
 Echinops 39.  
 Echium 36, 91.  
 Elais 28.  
 Elaterium 80.  
 Elatine 80, 81.  
 Elodea 29, 58.  
 Enteromorpha 132.  
 Entomophilen 67.  
 Enzian - Gentiana.  
 Epilobium 89.  
 Equisetum 13, 15, 36, 71.  
 Eragrostis 21.  
 Erdbeere - Fragaria.  
 Ericaceae 7, 50, 51, 59, 89.  
 Eriodendron 17, 18.  
 Erle - Alnus.  
 Eryngium 33, 48.  
 Erythrina 27, 34, 38, 60, 66.  
 Eschscholzia 8.  
 Esogonie 62.  
 Eucalyptus 18, 41, 46.  
 Euphorbiaceae 11, 30, 45, 46, 48.  
 Euphrasia 60.  
 Excoecaria 49.  
 Exogamie 62.  
 Fagus 29.  
 Falcaria 48.  
 Farne 15, 20, 28, 34, 63, 98, 99.

- Feigen-Ficus  
 Festuca 34, 49.  
 Ficus 7, 16, 23, 35, 36, 45, 49, 50, 95.  
 Filago 64.  
 Florideae 63, 126, 132.  
 Fourcroya 56.  
 Fragaria 15, 26, 27.  
 Fraxinus 65, 66.  
 Fucaeeae 62, 126, 132.  
 Fuchsia 77.  
 Fumaria 85, 89, 91.  
 Galeopsis 42, 47, 48.  
 Garcinia 24.  
 Gardenia 32, 91.  
 Gefässcryptogamen 51, 63, 126, 128.  
 Geitonogamie 7, 61.  
 Genista 30.  
 Gentiana 67, 87, 88, 89.  
 Geranium 9, 67, 89.  
 Gladiolus 89.  
 Glaux 141.  
 Glechoma 47, 59.  
 Gleditschia 30.  
 Glyceria 34.  
 Gnaphalium 9, 59, 65.  
 Gomeza 8.  
 Gonidien 62.  
 Gramineae 47, 66, 67, 79, 88, 130.  
 Guave - Psidium.  
 Gurke - Cucumis.  
 Gymnospermeae 14, 15, 52, 59, 60, 69, 83, 95.  
 Gynarium 53.  
 Halimeda 132, 133.  
 Halimus 141.  
 Hedychium 80.  
 Helianthemum 79.  
 Helichrysum 65.  
 Heliconia 80.  
 Hemerocallis 79, 89.  
 Heracleum 48.  
 Herniaria 80.  
 Hesperis 83, 90.  
 Hibiscus 91.  
 Hieracium 36, 44, 79.  
 Hildenbrandtia 132.  
 Himbeere - Rubus.  
 Hippuris 80.  
 Hormium 78.  
 Hülsenfrüchte - Papilionaceae.  
 Humulus 21.  
 Hura 21.  
 Hydrochritaceae 80.  
 Hydrocotyle 48, 80, 81.  
 Hydrophilen 56.  
 Hypocoum 83.  
 Hypericum 83.  
 Jasminum 15.  
 Ilex 33.  
 Impatiens 21.  
 Inga 24.  
 Inula 11.  
 Johannisbeere - Ribes.  
 Ipomoea 79.  
 Iris 9, 77, 85.  
 Isnardia 80.  
 Isoetes 13.  
 Juglans 61, 66.  
 Juniperus 26.  
 Kirsche - Prunus.  
 Knautia 36.  
 Kürbis - Cucurbita.  
 Labiatae 8, 46, 47, 85, 88, 90.  
 Labiatiflorae 63.  
 Lagenaria 23, 24.  
 Lamium 9, 58.  
 Lampsana 42, 79.  
 Lantana 27, 47, 90.  
 Lathraea 6.  
 Lathyrus 8, 34.  
 Lauraceae 130.  
 Lemania 132.  
 Leontodon 64, 65.  
 Lepidium 80.  
 Lepidodendren 12, 13, 68, 129, 130.  
 Leucocjum 58.  
 Liliaceae 45, 53, 56, 57, 66, 67, 78, 88, 89.  
 Limosella 80.  
 Linaria 89.  
 Linum 89.  
 Lithospermum 9, 15, 27.  
 Loasaceae 35.  
 Lolium 49.  
 Lotus 8, 11.  
 Lupinus 8.  
 Luziola 67.  
 Lychnis 9, 43, 84.  
 Lycopersicum 22.  
 Lycopodiaceae 12, 13, 15, 68.  
 Lysimachia 15.  
 Macrocyctis 82.  
 Magnolia 21, 130.  
 Mais - Zea.  
 Malacophilen 57.  
 Malvaceae 9, 23, 54, 88.  
 Mangifera 24.  
 Mangrove - Rhizophora.  
 Mango - Mangifera.  
 Mangostane - Garcinia.  
 Manihot 22.  
 Marrubium 7, 47.  
 Marsilea 13.  
 Matricaria 11, 64.  
 Medicago 90.  
 Melampyrum 9, 88.  
 Melandryum 9.  
 Melastoma 37.  
 Melica 49.  
 Melilotus 8.  
 Mentha 48, 59.  
 Mentzelia 35.  
 Mercurialis 15.  
 Mesembryanthemum 45.  
 Mespilus 30.  
 Metroxylon 56.  
 Microlaena 67.  
 Mimulus 8.

- Mimoseae 30, 38, 39, 78.  
 Momordica 21.  
 Monocotyledones 14, 28, 51, 52, 67, 68,  
 69, 95.  
 Monopetalae 29.  
 Monotropia 45, 77, 88.  
 Moose 28, 62, 98, 128.  
 Morus 26.  
 Moreae 7, 45.  
 Mucuna 35.  
 Mumienweizen - Triticum.  
 Musa 22, 24, 25, 26, 27, 42, 54, 57, 62, 75, 95.  
 Musaceae 27, 32, 53, 60, 67, 80.  
 Mussaenda 6, 21.  
 Myosotis 9, 81, 91.  
 Myosurus 81.  
 Myriophyllum 80.  
 Myrtaceae 78.  
 Myxomycetae 20.  
 Najas 132.  
 Nepenthes 40.  
 Nicandra 82.  
 Nicotiana 22.  
 Nigella 89.  
 Nonnea 67.  
 Noctylia 8.  
 Nyctanthes 83.  
 Nymphaeaceae 84.  
 Oenanthe 48.  
 Oenothera 84.  
 Oncidium 8.  
 Onobrydris 8.  
 Ononis 8, 30.  
 Oogonium 62.  
 Ophelia 89.  
 Ophioglossum 13.  
 Ophrys 85.  
 Orchideae 8, 9, 34, 46, 83.  
 Origanum 59.  
 Ornithophilen 57.  
 Orobanche 88.  
 Orobus 90.  
 Oryza 58, 67.  
 Oscillaria 20.  
 Oxalis 21, 38, 77.  
 Pachysandra 66.  
 Paeonia 37, 84.  
 Palmae 28, 35, 53, 70.  
 Palmgloeites 124.  
 Pancreatium 56.  
 Pandanus 34, 35, 53, 56, 63, 95.  
 Papaver 83, 84.  
 Papaya - Carica.  
 Papilionaceae (Leguminosae p. p.) 8, 20,  
 65, 89, 90.  
 Pariana 67.  
 Paritium 22, 23.  
 Parnassia 88.  
 Parthenogenesis 58.  
 Passiflora 60, 88.  
 Pedicularis 88.  
 Pelargonium 8, 83.  
 Pentastemon 89.  
 Perianthium 62.  
 Perichaetium 62.  
 Pétunia 8.  
 Phaseolus 8, 20.  
 Phoenix 23.  
 Phygelins 89.  
 Phyllanthus 38.  
 Physalis 21, 25, 85, 88, 90.  
 Phyteuma 77, 79.  
 Pilularia 13.  
 Pinguicula 87.  
 Pisang - Musa.  
 Pistacia 66.  
 Pisum 8.  
 Plantago 63, 64, 141.  
 Platanthera 83.  
 Plumiera 32.  
 Podocarpus 35.  
 Polygala 7, 70.  
 Polygonum 10, 11, 26, 27, 34, 42, 64, 87.  
 Polypetalae 29.  
 Pomeranze - Citrus.  
 Populus 18, 19, 64, 65.  
 Potamogeton 8.  
 Primulaceae 84, 87.  
 Proteaceae 60, 78, 125.  
 Protococcus 124.  
 Prunella 47.  
 Prunus 21, 30, 31, 37, 42.  
 Psidium 11, 22, 26, 27.  
 Pyrus 23, 24, 26, 27, 80, 78.  
 Quercus 43, 130.  
 Quisqualis 90.  
 Quitte - Cydonia.  
 Rafflesia 83.  
 Radiola 80.  
 Ranunculaceae 33, 48, 84, 89.  
 Ravenala 53.  
 Reis - Oryza.  
 Reseda 8.  
 Rheum 64.  
 Rhinanthus 9, 89.  
 Rhizocarpeae 13.  
 Rhizophora 16, 126.  
 Rhodea 81.  
 Rhododendron 51, 67.  
 Rhus 9, 49.  
 Ribes 9, 24, 26.  
 Richardia 80.  
 Ricinus 37.  
 Robinia 87.  
 Rosaceae 42, 84, 89.  
 Rotang - Calamus.  
 Rubiaceae 32, 81.  
 Rubus 11, 15, 24, 26, 27, 32, 33, 42, 43,  
 44, 69, 70.  
 Rumex 64.  
 Rüter - Ulmus.  
 Saccharum 23.  
 Sagina 80.  
 Sagus 56.  
 Salicornia 141.  
 Salix 20, 45, 66, 78, 79, 87.

- Salsola 11, 141.  
 Salvia 9, 61, 85.  
 Salvinia 13.  
 Sambucus 37.  
 Samolus 11.  
 Sargassum 81, 137.  
 Sarothamnus 71.  
 Satureja 47.  
 Saxifrageae 41, 49.  
 Schminkbohne - Phaseolus.  
 Scitamineae 80.  
 Scleranthus 80.  
 Scorzonera 79.  
 Scrophulariaceae 7, 88.  
 Scutellaria 47, 89.  
 Selaginella 11, 13.  
 Selium 48.  
 Semecarpus 21, 24.  
 Sempervivum 45.  
 Sequoia 17, 18, 51.  
 Sigillarien 12, 13, 68, 129, 130.  
 Silene 9, 45, 90.  
 Siphoneae 82, 132.  
 Sium 48.  
 Solanaceae 26, 48, 49, 89.  
 Soldánella 89.  
 Sonchus 79.  
 Sorbus 27, 49.  
 Spartium 71.  
 Spermatozoid 62.  
 Sphagnum 13, 127, 128.  
 Spirogyra 59.  
 Spirulina 82.  
 Sporobolus 21.  
 Sporogonium 63.  
 Stachelbeere - Ribes.  
 Stachys 42.  
 Stapelia 67, 83.  
 Statice 11.  
 Stellaria 9.  
 Sternbergia 79.  
 Stigmarien 12, 13, 68, 127, 129.  
 Stigmatostalix 8.  
 Stipa 49.  
 Streptochaete 67.  
 Streptopus 77.  
 Strychnos 24.  
 Sycomoren 16.  
 Symphoricarpus 7, 86.  
 Symphytum 88, 91.  
 Syringa 7, 61, 72.  
 Tabak - Nicotiana.  
 Tange - Fucaceae u. Florideae.  
 Tarro - Colocasia.  
 Taxodium 35, 130.  
 Tecoma 37.  
 Tetragonolobus 11.  
 Tetrarhena 67.  
 Thallophyta 63.  
 Theobroma 25, 27.  
 Therebinthaceae 66.  
 Therebinthinae 41, 46, 66.  
 Thrinicia 64.  
 Thymus 59.  
 Tilia 78.  
 Tollkirsche - Atropa.  
 Torilis 34.  
 Tragopogon 79.  
 Trapa 80.  
 Trapaeolum 88.  
 Tricocceae 32.  
 Tricytes 89.  
 Trientalis 15.  
 Trifolium 8, 34, 60, 61, 79.  
 Triticum 15, 20, 34.  
 Tubocytisus - Cytisus.  
 Tulipa 58, 88.  
 Typha 15, 64.  
 Ulex 33, 71, 132.  
 Ulmus 20.  
 Ulva 81.  
 Umbelliferae 11, 20, 47, 48; 49, 78, 81.  
 Urticaceae 7, 35, 36, 45, 85.  
 Ustilago 9.  
 Vaccinium 26, 27, 50, 51, 88.  
 Vallisneria 9, 60.  
 Valonia 81.  
 Vaucheria 132.  
 Verbascum 8, 79.  
 Verbenaceae 88.  
 Veronica 61.  
 Vicia 8, 23, 34, 36, 37.  
 Victoria 33.  
 Vinca 7, 88.  
 Viola 8, 9, 15, 84, 91.  
 Vitis 23, 77.  
 Vochysiaceae 23.  
 Vogelbeere - Sorbus.  
 Wachholder - Juniperus.  
 Wassermelone - Citrullus.  
 Weide - Salix.  
 Wein - Vitis.  
 Weingärtneria 49.  
 Wicke - Vicia.  
 Xanthium 30.  
 Xenogamie 7.  
 Xiphium 77.  
 Yucca 9.  
 Zea 22, 23.  
 Zingiberaceae 53, 80.  
 Zizyphus 26.  
 Zoogamie 62.  
 Zostera 80, 141.  
 Zuckerrohr - Saccharum.  
 Zygosporie 62.

## Druckfehler und Berichtigungen.

- S. 10 Zeile 21, w u. lies: *Polygonum amphibium* var. *natans*  
 S. 11 " 5 v. o. " *Tetragonolobus siliquosus*  
 S. 15 " 14 v. u. streiche: —  
 S. 17 " 16 v. o. " —  
 S. 23 " 7 v. u. " worden, z. B. von der Wassermelone  
 S. 25 " 24 v. u. lies: europaeischer  
 S. 27 " 8 v. o. " über die Aru-Inseln  
 S. 32 " 7 v. u. " weil letztere entbehrlich ist; sie  
 S. 33 " 15 v. o. " letzteres geschieht, desto  
 S. 35 " 19 v. o. " als ich diese krautige Pflanze noch  
 S. 37 " 25 v. o. " *Tecoma*  
 S. 41 " 23 v. u. " klebrige  
 S. 50 " 8 v. u. " die wir sonst ohne  
 S. 52 " 1 v. u. " *Bambuseae* und *Arundinaceae*  
 S. 53 " 16 v. o. " solche dicke Krautbäume von 2—3' Umfang mit  
 S. 54 " 2 v. o. streiche: wenn auch nicht wild  
 S. 56 " 11 v. u. lies: häufiger entwickelte  
 S. 61 " 11 v. o. " Resultat der durch Ausbleiben passender Insecten trotz  
 Honigraub unmöglich  
 S. 63 " 9 v. u. " anstellte  
 S. 65 " 15 v. u. " Länderstrecken zuweilen und stellenweise viel  
 S. 71 " 3 v. u. " ist die Umänderung von dimorphen  
 S. 75 " 1 v. o. " denn die Hautfarbe ist unabhängig von der Insolation  
 S. 76 " 13 v. o. " gewähren.  
 S. 79 " 7 v. u. " *Agrimonia*  
 S. 80 " 4 v. u. " *Hydrocharitaceen*  
 S. 82 " 2 v. o. " Brakwasser (ebenso S. 59)  
 S. 91 " 1 v. o. " *mutabilis*  
 S. 105 " 30 v. u. " combinirt gewesen sein muss  
 S. 106 " 18 v. u. " anziehen; aber feste Körper nehmen viel weniger Raum  
 ein als Gase; es musste zwischen den einzelnen Himmels-  
 körpern  
 S. 119 " 20 v. u. " Pennsylvanien  
 S. 120 " 19 v. u. " in abgeschlossene Kohlen- oder Graphit-Lager  
 S. 121 " 20 v. u. " eingedrungenes  
 S. 122 " 23 v. u. " kryptoplutonische  
 S. 122 " 20 v. u. streiche: dieses  
 S. 124 " 22 v. o. lies: Entstehung der  
 S. 125 " 25 v. o. " kleinen Thalkessel, der also oben offen ist,

~~with leaves greenish. 8 my 30~~

~~Homology of the ... 30~~

Intensibility 31

Young soft plants them

Hedger plants in fruit 34

Bushes in field 35

Muscus 35

Cecropia commun 36

Hot. R. calery; dry for 48

21 sp of insect live on

Mentha -

Fritsch Pflanzenstudien 79

7 Self fert<sup>n</sup>  
10 Sea plants —

Bloom  
F. he abates

Bloom as verb  
PL 5

17 Social trees & vines

18 artificial culture

27 Oceanic Islands

28 Evolution of Verbreitungsmittel

33 Islands & cols.

35 Plant shoals  
burst out  
as defects



37 Neckars

37 Hairiness stops plant

38 Sleep

40 Dianaea was better without insect.

41 River - what from cold

42 Wet + dry ness & hairiness

44

45 Wax & evap<sup>n</sup>

46 Dry plant aromatic

50 Wet & dry ness