

Zeitschrift: Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

Band: 93 (1910)

Artikel: Baumbilder aus den Tropen

Autor: Ernst, Alfred

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-90183>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Baumbilder aus den Tropen.

Von

Dr. *Alfred Ernst*,

Professor an der Universität Zürich.

Botanische Tropenreisen sind in neuerer Zeit keine Seltenheit mehr. Jedes Jahr ziehen einige europäische Botaniker aus, um die tropische Pflanzenwelt zu studieren. Zweck und Ziel dieser Reisen sind aber gegen früher wesentlich andere geworden. Noch bis über die Mitte des letzten Jahrhunderts hinaus war eine wissenschaftliche Tropenreise in erster Linie eine Entdeckungsreise. Es wurden mit Vorliebe wenig oder noch gar nicht bekannte Länder aufgesucht; die botanische Durchforschung derselben ging Hand in Hand mit geographischen, ethnographischen und allgemein naturwissenschaftlichen Studien und war infolgedessen in der Hauptsache auf floristisch-systematische Ergebnisse beschränkt. Jetzt suchen viele der reisenden Botaniker auch Gebiete auf, die schon lange der europäischen Kultur erschlossen sind und deren Pflanzenwelt floristisch meist schon so gründlich durchforscht ist, dass auch im dichtesten Urwald nur der Zufall dem Sammler noch hie und da eine neue Blütenpflanze in die Hände spielt. Dafür findet der Botaniker in den botanischen Gärten und wissenschaftlichen Instituten dieser Länder — Brasilien, Ceylon, Java, Deutsch-Südostafrika — Hilfsmittel zur Ausführung von anatomischen und entwicklungs-geschichtlichen Untersuchungen, Gelegenheit zu physiologischen Experimenten, und vor allem trifft er hier für

die ökologische Forschung, welche die Beziehungen der Pflanzen zu den Bedingungen der Aussenwelt feststellt, ein überaus fruchtbares und dankbares Arbeitsfeld.

Die Ergebnisse dieser Studien in den Tropen bilden nicht nur eine einfache Erweiterung und Ergänzung unserer allgemein botanischen Kenntnisse. Ihr Hauptwert liegt in der Richtigstellung vieler unserer bisherigen Auffassungen der Eigentümlichkeiten pflanzlicher Organisation und pflanzlichen Lebens, Auffassungen, welche sich aus dem einseitigen Studium der heimischen Pflanzenwelt ergeben hatten und die zum grossen Teil auf der unwillkürlichen Voraussetzung beruhten, dass unsere einheimischen Pflanzen gewissermassen die Normalpflanzen darstellen. Man ist nun gerade durch die Tropenstudien mehr und mehr zu der Ueberzeugung gekommen, dass unsere mittel- und nord-europäischen Pflanzen in Bau und Funktion aller Organe an die lange Winterruhe dermassen einseitig angepasst sind, dass dadurch die inneren Ursachen und Vorgänge der Gestaltung fast gänzlich verschleiert werden. In vielen Ländern der Tropenzone sind dagegen infolge eines gleichmässig warmen und feuchten Klimas die äusseren Bedingungen für Ernährung und Wachstum das ganze Jahr hindurch fast gleich günstig. Die Pflanzenwelt entwickelt sich darum hier mit einer Kraft und einer Freiheit, wie sie unseren einheimischen Gewächsen fast durchaus fehlt, und es ist anzunehmen, dass auch die einzelnen Lebensvorgänge sich dabei in vollkommenerer, in eigentlich typischer Weise abspielen. Vom Standpunkt der *allgemeinen Botanik* aus wird daher die *Tropenpflanze* zum Massstab für die Beurteilung der Gewächse der anderen Zonen und von *ihren* Lebensvorgängen haben wir auszugehen, um die Erscheinungen, welche die Pflanzen unserer Heimat zeigen, richtig verstehen und abschätzen zu können. Es bedeutet also ein Aufenthalt in den Tropen für jeden Botaniker, der sich mit allgemeineren Fragen beschäftigt, einen ganz unschätzbaren Gewinn.

Dank der Unterstützung durch die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft ist es auch mir möglich gewesen, einen längeren Studienaufenthalt in tropischen Gebieten zu machen. Wenn ich daher, der Einladung des Herrn Zentralpräsidenten und des Jahresvorstandes folgend, mir die Freiheit nehme, heute vor Ihnen zu sprechen, geschieht es mit der Absicht, an einigen Beispielen zu zeigen, wie sich beim Studium der tropischen Pflanzenwelt eine Erweiterung der wissenschaftlichen Begriffe nach Umfang und Inhalt ergibt. Ich möchte, das angekündigte Thema präzisierend, Ihnen einiges berichten, über die Bedeutung des Baumes für das Pflanzenbild tropischer Gegenden, über die Wachstums- und Formverhältnisse, und über einige physiologische Eigentümlichkeiten des tropischen Baumes, die mir über ihren fachwissenschaftlichen Wert hinaus auch für weitere Kreise ein allgemeines Interesse zu haben scheinen.

Dem Baume kommt in der floristischen Zusammensetzung und im Landschaftsbilde tropischer Gegenden eine ganz andere Bedeutung zu als in unserer Heimat. Die ursprüngliche Vegetation ist gekennzeichnet durch das Vorherrschen der Bäume und Sträucher, während in unserer einheimischen Flora die krautartigen Gewächse nach der Zahl der Arten wie nach derjenigen der Individuen weit aus überwiegen. Der tropische Wald, besonders der Wald in der Regen- und Wolkenzone der Gebirge, zeigt auch eine ganz andere Zusammensetzung als unser einheimischer Wald. In Europa haben wir vorwiegend reine Waldbestände. Unsere Buchen- und Tannenwälder setzen sich aus 1 bis 3 Arten zusammen; auch in den gemischten Wäldern sind meistens ganz wenige Arten vorherrschend und wird die Gesamtzahl der Arten 30 kaum erreichen. Im Gebirgswald der Tropen dagegen beträgt die Zahl der Arten oft mehrere Hundert. Java allein zählt nicht weniger als ungefähr 1500 Baumarten; dabei sind im Walde die einzelnen Arten so bunt durcheinander gemischt, dass man oft

lange suchen muss, um zwei Exemplare derselben Art zu finden.

Dieser Artenreichtum steht offenbar damit in Beziehung, dass in den Tropen viele Pflanzen baum- oder strauchartige Natur haben, deren Verwandte bei uns als Kräuter und Stauden vorkommen. Dies ist wiederum wohl in dem viel grösseren Produktionsvermögen der Pflanzen in tropischen Gebieten begründet. Ein Anhaltspunkt hiefür ist auch die Tatsache, dass Pflanzen einer und derselben Art in den Tropen und bei uns in gleicher Zeit verschiedene Mengen von Trockensubstanz bilden. *Detmer* stellte z. B. 1904 in Buitenzorg auf Java und in Jena vergleichende Untersuchungen über Stoffbildung bei Maispflanzen an. Er fand, dass eine Maispflanze auf Java an lufttrockener Substanz der oberirdischen Organe in 32 Tagen 29,5 Gramm, in Jena dagegen in der gleichen Zeit nur 6,5 Gramm, also fast fünfmal weniger produzierte.

Der stark gesteigerten Substanzproduktion entspricht bei vielen Tropenpflanzen auch ein für unsere Begriffe abnorm rasches Wachstum. Ein berühmtes Beispiel hiefür sind die Bambusen. In West-Java beginnt die Bildung neuer Sprosse bei verschiedenen Bambusarten regelmässig mit dem Eintritt der Regenzeit zu Anfang November und im Verlaufe von ungefähr zwei Monaten wachsen die jungen Anlagen (Fig. 2, Taf. II) zu mächtigen, verholzten Halmen heran. Eingehende Untersuchungen über dieses Längenwachstum hat im Winter 1893/94 *Kraus* an einer der schönsten Bambusarten, an dem aus Indien stammenden *Dendrocalamus giganteus* in Buitenzorg angestellt. An drei täglich zweimal sorgfältig gemessenen Exemplaren betrug der mittlere *tägliche* Zuwachs für die ganze Wachstumsperiode 22,9, 19,0, 19,9 cm. Ihr *grösster* täglicher Zuwachs war 42, 45, 57 cm, im letzteren Falle also 2,37 cm per Stunde oder $\frac{4}{10}$ mm per Minute. Auch gewisse Baumarten zeichnen sich durch ungewöhnlich rasches Wachstum aus. Im Kulturgarten zu Tjibodas im Gedehgebirge, Java, ca.

1400 m über Meer, sah ich im November 1905 eine Eucalyptuskultur, deren Pflanzen 9 Monate nach Aussaat der Samen bereits 5 m hoch waren und 1 m über dem Erdboden einen Stammumfang von 18 cm aufwiesen (Fig. 1, Taf. I). Bekannt sind auf Java ihres raschen Wachstums wegen auch einige Leguminosenbäume. *Albizzia moluccana* z. B., ein früher als Schattenbaum in Kaffeepflanzungen (Fig. 8, Taf. IV), neuerdings auch für Aufforstungen an Vulkanen sehr beliebter Baum, erreicht am Ende des ersten Jahres 5—6 m Höhe. *Sechsjährige* Bäume sind bereits 21—25 m hoch, wobei ihr Stammumfang in Mannshöhe 25—30 cm beträgt. Ein *9jähriger* Baum dieser Art kann auf günstigem Boden eine Gipfelhöhe von 33 m aufweisen, während eine 9jährige Buche in Deutschland kaum 2 m, eine gleichaltrige Lärche etwas über 4 m, eine Edeltanne etwa 1 m hoch ist. Hinsichtlich des Volumens zeigt ein 9 Jahre alter Albizziabaum 6,6 m³ Derbholz, d. h. Holz von mehr als 10 cm Durchmesser, während in Europa eine ähnliche Holzproduktion nur von wenigen Baumarten zwischen dem 80. und 100. Jahre erreicht wird.

Bei solch raschem Wachstum ist es auch nicht zu verwundern, dass, wie allgemein bekannt ist, viele in tropischen Gebieten vorkommende Bäume unsere einheimischen an Grösse und häufig auch an Vegetationsdauer bedeutend übertreffen. So haben die Bambusen, Verwandte unserer Gräser, ausdauernde Halme mit einer Länge bis zu 30 m, zahlreiche Bäume überschreiten mit ihrer Gipfelhöhe 40 m, einige Baumarten Javas werden im Durchschnitt 50—80 m hoch und bekanntlich sind in Australien, Neu Guinea etc. auch schon Bäume von noch viel bedeutenderer Höhe gefunden worden.

Ebenso auffällig wie durch *Artenreichtum und Wachstumsintensität* unterscheidet sich die tropische Baumwelt von der unseren auch durch *Habitus* und *Formgestaltung* der einzelnen Bäume. Unsere einheimischen Laubholzbäume sind hierin einfach und ziemlich gleichförmig. Unser Laub-

holzbaum besteht aus einem unterirdischen, Befestigung und Nahrungsaufnahme besorgenden Wurzelwerk, dem mehr oder weniger hohen und dicken, walzenförmigen Stamm, der aus Aesten und Zweigen bestehenden Krone, welche sich gewöhnlich im Frühjahr mit Laub und Blüten bedeckt, gegen den Herbst hin die Früchte zur Reife bringt und schliesslich vor Eintritt des Winters die Blätter verliert. Der grösseren Mannigfaltigkeit der tropischen Vegetation im allgemeinen entspricht nun auch eine grössere Mannigfaltigkeit in Bau und Funktion der Teile eines Baumes. Wir finden auffallende, bei unsern einheimischen Bäumen ganz fehlende oder doch niemals so prägnante Besonderheiten in der Ausbildung des Wurzelwerkes, der Stämme und Aeste, in der Blatt-, Blüten- und Fruchtbildung.

Besonders fällt in der tropischen Baumwelt die grosse Zahl und verschiedenartige Ausbildung der *über dem Erdboden sichtbaren Wurzeln* ins Auge. An der Basis zahlreicher Bäume mit hohen, schlanken Stämmen kommen die sonderbaren *Tafelwurzeln* vor, die in der Gestalt regelmässiger, auf die Schmalseite gestellter Tafeln radienförmig von der Stammbasis ausgehen. Ihre Form kommt durch stark einseitiges Dickenwachstum längs der oberen Kante der zuerst normal geformten Wurzel zustande. Durch diese eigenartigen Wurzeln, deren oberirdische Teile etwa im Umfange der Krone sichtbar sind, gegen die Peripherie hin rasch niedriger werden und schliesslich im Boden verschwinden, wird die Festigkeit der basalen Partien bedeutend verstärkt und dem Entwurzeln des Baumes durch heftige Winde aufs wirksamste vorgebeugt. Im Urwalde ist es schwer, sich von der Grösse und vom Verlauf der Tafelwurzeln des einzelnen Baumes ein richtiges Bild zu machen, da sie von den Kräutern, Sträuchern und niederen Bäumen des Unterholzes zum grossen Teil verdeckt werden (Fig. 13, Taf. VI). In übersichtlicher Ausbildung treffen wir sie dagegen an Bäumen freier Plätze, in Parkanlagen, zu denen nach ihrem Reichtum an Bäumen auch die botanischen

Tropengärten gerechnet werden können. Im Buitenzorger botanischen Garten z. B. fallen sie in der berühmten Canarienallee, an den Vertretern der zahlreichen Feigenarten, dann aber besonders an den verschiedenen *Sterculia*arten auf. Bei einzelnen Vertretern dieser Gattung sind die Stammansätze der Tafelwurzeln 2—3 m hoch, einzelne Wurzeln gabeln sich in ihrem mehr oder weniger radienförmigen Verlaufe, verwachsen an den Berührungsstellen miteinander, so dass zum Teil lang gezogene, zum Teil gerundete Nischen entstehen (Fig. 3, Taf. II), in welchen sich allerlei Pflanzenreste in dicken Schichten ansammeln und durch Verwesung allmählich in Humus übergehen.

Von besonderem Interesse ist ferner das überaus häufige Auftreten von solchen Wurzeln, welche ihren Ursprung an *oberirdischen* Teilen der Pflanze nehmen. Die gewöhnlichen Wurzelfunktionen, Befestigung im Substrat und Nahrungsaufnahme, kommen meistens auch diesen sogenannten *Adventivwurzeln* zu. In einzelnen Fällen sind sie aber in *Organe mit anderer Funktion*, in Assimilations-, Atmungs- oder Schutzorgane umgewandelt worden.

Typische Wurzelfunktionen versehen im besonderen die sog. Stelzen- und Säulenwurzeln.

Die *Stelzenwurzeln* entspringen an aufrecht oder schräg gerichteten Stämmen, sie sind zylindrisch und haben die Richtung schiefer Stützpfiler. Nicht selten stirbt an Bäumen mit solchen Wurzeln der ursprüngliche Stamm von Grund aus ab und die ganze Krone wird dann durch diese Stelzen getragen und ernährt. Die schönsten Beispiele für diese Wurzelform liefern die *Pandanus*arten, die vom Meeresstrand bis weit hinauf in die Gebirge verbreitet sind, einzelne Palmen (Fig. 6, Taf. III), dann vor allem die *Rhizophoren* der schlammigen Meeresküsten. Zur Flutzeit stehen die Rhizophoren häufig bis zur Krone im Wasser, während der Ebbe dagegen ist der sie tragende Schlamm Boden freigelegt. Der untere Teil der Rhizophorastämme ist meist nur schwach entwickelt, nach unten kegelförmig auslaufend und stirbt häufig



Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 1. *Eucalyptus* spec. Kulturgarten Tjibodas, Gedehgebirge Java
(ca. 1400 m ü. M.).
Aussaat der Samen März 1905; fotogr. Aufnahme vom 18. Dez. 1905.



Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 2. *Dendrocalamus giganteus* Munro mit jungen Sprossen.
Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java.



Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 3. *Stereulia Wigmannii* Hochr. mit nischenbildenden
Tafelwurzeln.
Botanischer Garten in Buitenzorg, Java.



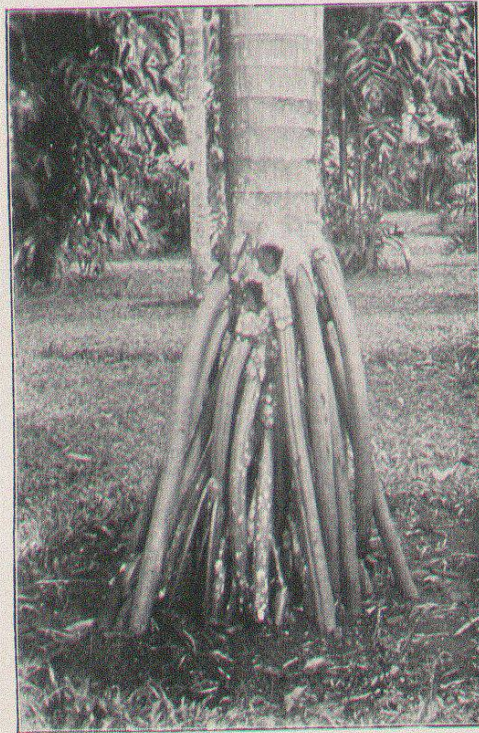
Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 4. *Ficus Benjamina* L. mit zahlreichen, stammähnlichen
Säulenwurzeln.
Botanischer Garten in Buitenzorg, Java.



Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 5. Junger epiphytischer Ficus mit Haftwurzeln auf einer Ölpalme (*Elaeis guineensis*).
Botan. Garten zu Peradeniya, Ceylon.



Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 6. Stammbasis einer Palme (*Verschaffeltia splendida* H. Wendt.) mit Stelzenwurzeln.
Botan. Garten in Buitenzorg, Java.



Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 7. *Sonneratia acida* L. mit Atemwurzeln.
Strand bei Tandjong Priok, Westjava.



Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 8. *Albizzia moluccana* Miq. mit schirmförmiger Krone als lichter „Schattenbaum“ in einer Kaffeeplantage. Umgebung von Buitenzorg, Westjava.



Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 9. Partie aus der Krone einer blühenden und Blätter ausschüttenden Leguminose (*Brownea grandiceps* Jacq.). Botanischer Garten in Buitenzorg, Java.



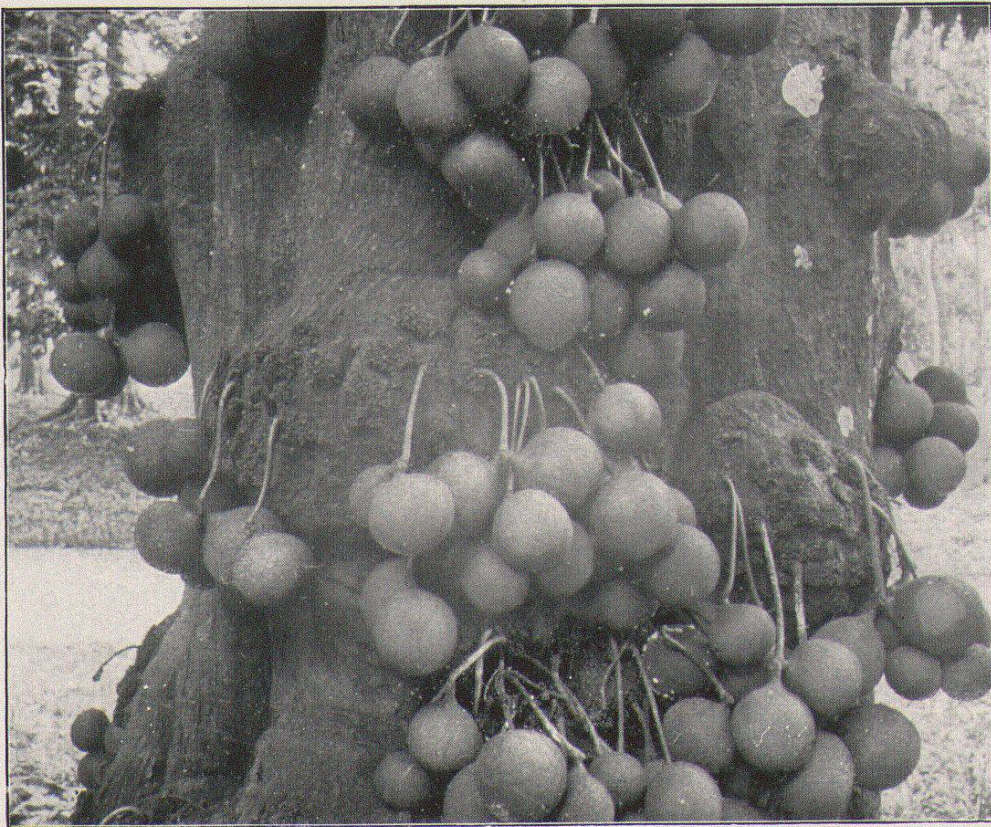
Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 10. *Ficus spec.* mit hangenden Fruchttästen am Stamm.
Bot. Garten in Buitenzorg, Java.



Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 11. *Theobroma Cacao* L. mit stammbürtigen, sitzend. Früchten.
Bot. Garten in Buitenzorg, Java.



Phot. A. Ernst, 1906

Fig. 12. *Stelechocarpus Burahel* Hook. Warzige Stamm-
partie mit Blütenresten und Früchten.
Botanischer Garten in Buitenzorg, Java.



Phot. A. Ernst, 1905

Fig. 13. Stammbasis und Tafelwurzeln eines Baumes mit zahlreichen epiphytischen Moosen, Farnen und Blütenpflanzen. Urwald am Gedehgebirge, Java (ca. 1600 m ü. M.).



Phot. A. Ernst 1906

Fig. 14. Hochgebirgswald im Gedehgebirge, Westjava, ca. 2700 m ü. M. Baumstämme und Lianen dicht mit Moosen umhüllt.

bald ab. Weiter oben entspringen am Sprosse starke Adventivwurzeln, welche sich bogenförmig nach unten wenden und in den Boden eindringen, so dass die ganze Pflanze durch ein System kreisförmig gestellter Strebepfeiler aufrecht erhalten wird. Einzelne dieser Wurzeln verzweigen sich stark gabelig, bevor sie den Erdboden erreichen und es entsteht unter jedem Baume ein dichtes Gewirr, dessen Sonderbarkeit sich dadurch noch erhöht, dass alle Wurzeln, Stämme und Aeste, soweit sie im Bereiche der Flut liegen, mit feinem Schlamm und den Panzern und Schalen der verschiedensten Krustentiere, Muscheln und Schnecken bedeckt sind.

Bei verschiedenen tropischen Bäumen entspringen Adventivwurzeln auch auf der *Unterseite von Aesten* und wachsen anfangs als schlaffe, unverzweigte Stränge abwärts. Sobald sie den Erdboden erreichen, dringt die Wurzelspitze ein und bildet Seitenwurzeln. Durch eine später eintretende Verkürzung wird die Luftwurzel gespannt und vermag nun ihre beiden Funktionen, Befestigung der Pflanze und Nahrungsaufnahme zu erfüllen. Diese von den Aesten ausgehenden Adventivwurzeln bleiben bei manchen Arten dünne Stränge, während sie bei anderen zu stammartigen Stützpfeilern der weit ausgebreiteten Aeste heranwachsen. In grossartigster Ausbildung finden sich die Säulenwurzeln bei einigen *Ficusarten*. An diesen gewaltigen Baumriesen, die mit Recht von jeher als ehrwürdige Repräsentanten pflanzlicher Fülle und Kraft betrachtet worden sind, erfolgt die Ausbildung der Adventivwurzeln so reichlich, dass ein einzelner Baum mit seinen hunderten von dicken und dünnen Säulenwurzeln oft das Aussehen und die Grösse eines kleinen Waldes besitzt. Besonders schöne Exemplare findet man im indo-malayischen Gebiet häufig in der Nähe der Tempel und auf den Versammlungsplätzen der Dörfer vor. Es wird dort dem Wachstum und der Wurzelproduktion dieser heilig gehaltenen Bäume oft in künstlicher Weise nachgeholfen, da, ganz sich selbst überlassen, an solchen

Orten die von den Aesten herunterhängenden Wurzeln nicht in den harten und trockenen Boden einzudringen vermögen. Zur Nachhilfe genügt es schon, den Boden stellenweise locker und feucht zu erhalten, indessen wird auch häufig die Formbildung eines solchen Baumes in einfachster Art dadurch beeinflusst, dass man die herabhängenden Wurzeln etwa im Innern eines langen Bambusrohres zusammenfasst und an einer gewünschten Stelle zum Festankern veranlasst. So entstehen lebende Portale über Strassen, Quellenumrahmungen, Grabkammereinfassungen u. s. w.

Auch für die Ausbildung einer weiteren Form von Adventivwurzeln, der *Haftwurzeln*, liefert die Gattung *Ficus* schöne Beispiele. Die Keimung ihrer Samen erfolgt gelegentlich statt im Erdboden auch auf dem Stamm oder im Geäst eines Baumes. Bei dieser epiphytischen Keimung zeigt der entstehende junge Baum schon nach kurzem eigentümliche Gestalt. Sein Stamm klettert am Tragbaum entlang aufwärts und richtet sich erst dann frei auf, wenn er genügend Raum für die Entwicklung einer Krone gefunden hat. Die von der Basis des kletternden Stammes ausgehenden Wurzeln werden zu Haftwurzeln, die sich stark abflachen, sich dem Stamme des Stützbaumes dicht anschmiegen und demselben entlang nach unten wachsen (Fig. 5, Taf. III). In ihrem Verlaufe stossen sie vielfach zusammen, verwachsen miteinander und umschliessen zuletzt den Stamm des Stützbaumes wie mit einer durchbrochenen Röhre. So sieht man auf Java sehr häufig den Teakholzbaum (*Tectona grandis* L.), auf Ceylon die Palmyrapalme (*Borassus flabelliformis* L.), aber auch zahlreiche andere Bäume, darunter selbst andere Feigenbäume, einen solchen epiphytischen *Ficus* tragen. Lange Jahre können hernach die beiden Bäume, die in ihrer Ernährung völlig unabhängig von einander sind, miteinander fortleben. Gewöhnlich gewinnt aber später durch Entwicklung einer mächtigen Schattenkrone der epiphytische *Ficus* die Oberhand; der überschattete Stützbaum stirbt allmählich ab,

sein Stamm verfault und es bleibt schliesslich nur der *Ficus* zurück, dessen dunkle Krone nun auf einem rohrartigen, aus den verschmolzenen Haftwurzeln zusammengesetzten Stamme ruht.

Von Adventivwurzeln mit vorwiegend neuer Funktion sei nur das Vorkommen von *Atemwurzeln* kurz beschrieben. Bei einer Anzahl tropischer Bäume, insbesondere bei *Mangrove*pflanzen, welche ihr Wurzelwerk in sauerstoffarmem Boden oder in stagnierendem Wasser entwickeln, werden solche Atemwurzeln ausgebildet, welche mit der atmosphärischen Luft in Verbindung treten und den tiefer im Wasser oder im Schlamm steckenden Teilen die notwendige Atemluft zuführen. Diese Atemwurzeln verhalten sich auch in der Art ihres Wachstums anders als die im Boden lebenden normalen Wurzeln oder die gewöhnlichen Luftwurzeln, insofern, als sie nicht *abwärts* wachsen, sondern sich mit ihrer Spitze *aufwärts* richten und spargelartig über das Substrat herausragen. In dieser Ausbildung finden sie sich am schönsten bei den beiden Gattungen *Avicennia* und *Sonneratia* (Fig. 7, Taf. III), während bei einer dritten Gattung der Mangrove, bei *Brugiera*, die Atemwurzeln mit knieförmig emporgebogenen Partien aus dem Schlamm herausragen.

Im Vergleich zu den typischen Vertretern der einheimischen Flora ist auch die *Stamm- und Kronenbildung* des tropischen Baumes sehr mannigfaltig. Häufig entspringen die Hauptäste in beträchtlicher Höhe am Stamm, gehen in spitzem Winkel von demselben ab und wenden sich erst allmählich im Bogen nach aussen. Die entstehende Schirmkrone (Fig. 8, Taf. IV) ist die häufigste Kronenform der Tropenbäume; sie findet sich ausser bei zahlreichen *astbildenden* Formen auch bei allen *Palmen* und *Baumfarnen* sowie einigen andern Bäumen, wie *Carica* *Papaya*, bei denen sie ausschliesslich aus einer einzigen, grossen Blätterkrone besteht. *Kandelaberähnliche* Formen kommen zustande, wenn die primären Aeste des Stammes

zuerst horizontal oder nur wenig schräg aufwärts wachsen und sich dann in einiger Entfernung vom Stamm aufwärts krümmen, um mit demselben parallel weiter zu wachsen; die belaubte Krone kann auch bei solchen Kandelaberbäumen wieder eine schirmähnliche Gestalt annehmen. Im Gegensatz zu der grossen Zahl schlanker, schirmbildender Bäume stehen andere mit breit ausladender, flacher Krone, bei denen die Astbildung bereits in Höhen von 3—4 m über dem Boden erfolgt.

Die feinere Verzweigung ist sehr häufig spärlich und das Laubwerk der Krone erscheint namentlich bei Schirmbäumen auffallend licht. Der Grund hiefür ist wohl vor allem darin zu suchen, dass eben bei vielen Arten die Blätter entweder das ganze Jahr über oder doch zum mindesten länger als bei uns assimilieren können. Infolge der verlängerten Assimilationsdauer und der vielleicht auch grösseren Assimilationsintensität kann daher die Zahl der Blätter im Verhältnis zum Umfang der Krone viel geringer bleiben als bei unseren Bäumen.

Das tropische *Laubblatt* ist zumeist glatt, glänzend und von einem satteren Grün als unsere meisten Laubbäume aufweisen; von weitem wirkt der tropische Wald daher viel düsterer als unser Laubwald. Form und Grösse des Laubblattes lassen in den Tropen bei aller Mannigfaltigkeit im Einzelnen viele gemeinschaftliche Züge erkennen. So sind ganzrandige Blätter häufiger als bei uns, eingeschnittene, gezähnte und gebuchtete Ränder dagegen seltener. Recht häufig werden in feuchten Tropengebieten Blätter mit stark verlängerter Spitze angetroffen. Das Blatt von *Ficus religiosa* z. B., das ungefähr Form und Grösse des Pappelblattes besitzt, ist an der Spitze der Spreite noch mit einem 5—7 cm langen Anhängsel versehen. Der Wert dieses Fortsatzes, der sogenannten *Träufelspitze*, besteht nach *Stahl* in erster Linie in der raschen Ableitung des Regenwassers von der Blattspreite. Im tropischen Regenwalde ist dies im Hinblick auf die zahlreichen epiphytischen Moose, Algen

und Flechten, welche sich gerne auf der Oberseite der Blätter ansiedeln und dieselben dann in ihrer Funktion beeinträchtigen, von grosser Wichtigkeit.

Besonders eigenartig verhält sich das Laub einzelner Tropenbäume während seiner *Entfaltung*. Langsam und vorsichtig brechen bei uns im Frühjahr die jungen Triebe mit den kleinen Blättchen aus der schützenden Hülle hervor. Durch Faltenbildung, Haar-, Harz- oder Gummiüberzüge wird das zarte Blattgewebe vor der nächtlichen Abkühlung und tagsüber vor den Gefahren starker Wasserverdunstung geschützt. Aber schon lange bevor die Spreite sich ganz entfaltet und ihre definitive Grösse erreicht hat, ist das Chlorophyll fertig ausgebildet und nimmt jedes einzelne Blatt seine endgültige, hauptsächlich vom Licht abhängige Stellung ein. Als „Ausschlagen der Bäume“ bezeichnet man bei uns den Vorgang der Laubentfaltung im Frühjahr. Für den physiognomisch häufig ganz anders verlaufenden Vorgang in den Tropen ist von *Treub*, der zuerst über diese Erscheinung geschrieben hat, der Ausdruck vom „Ausschütten der Blätter“ erfunden worden. Sobald die Knospenschuppen auseinander weichen, wächst der im Innern verborgen gewesene Laubtrieb so rasch, dass er gleichsam aus der Knospe herauszufallen scheint und bildet bald ein 15—20 cm langes Büschel zarter, schlaff herabhängender Blätter von hellroter, violetter, gelblicher oder rein weisser Färbung. Prächtig heben sich die blüten gleichen Büschel von dem dunkelgrünen, älteren Laube ab. Sind dann nach einigen weiteren Tagen die Blätter ausgewachsen, so erhält ihr Farbenton zuerst einen Stich ins Grünliche, die Ausbildung der Chlorophyllkörner hat begonnen und schreitet nun rasch fort. Erst nach vollständig erfolgter Aufrichtung und Entfaltung sind aber die inzwischen auch derber gewordenen Blätter intensiv grün gefärbt und funktionsfähig. Besonders schöne Beispiele für diese Art der Blattentfaltung bieten gewisse Leguminosen. An der das ganze Jahr blühenden und Laub treibenden

Amherstia nobilis Wall. hängen zwischen den grossen Fiederblättern rotbraune, bei *Brownea grandiceps* Jacq. (Fig. 9, Taf. IV) lange gelbliche Büschel, die jungen Hängesprosse mit den ihnen noch in Reihen dicht anliegenden schlaffen Laubblättern, senkrecht von den älteren Zweigen herunter. Ein anderer Leguminosenbaum, *Maniltoa gemmipara*, zeigt im Gegensatz zu *Amherstia* periodische Laubentfaltung; ein kleines Bäumchen dieser Art beim Eingang des Fremdenlaboratoriums in Buitenzorg schüttete z. B. in der Zeit von Ende September 1905 bis Anfang Juni 1906 nicht weniger als dreimal neue Zweige und Blätter aus.

Vom Studium der Lebenserscheinungen der europäischen Flora ausgehend, ist man geneigt, die *Periodizität der Belaubung* und des *Laubfalles* mit den periodischen Erscheinungen des Klimas in Zusammenhang zu bringen und direkt als Anpassung an dieselben aufzufassen. In denjenigen tropischen Gebieten, wo das Jahr in eine regenreiche und eine regenarme oder regenlose Zeit zerfällt, vertritt die letztere den Winter der gemässigten Zone. Sie ist die Zeit der *Vegetationsruhe*; Laubfall und Laubbildung bezeichnen hier Anfang und Ende der Trockenzeit. Die Periodizität der Lebenserscheinungen fällt also auch hier mit derjenigen des Klimas zusammen. In den immergrünen Wäldern der Gebirge dagegen findet in der Regel das ganze Jahr hindurch Neubildung von Blättern statt. Doch gibt es auch hier noch Arten mit *periodischer* Belaubung und in einigen Fällen ist festgestellt worden, dass verschiedene Exemplare *einer und derselben Art zu verschiedenen Zeiten ihr Laub abwerfen* und neu bilden. In diesen Fällen ist besonders klar, dass die Periodizität auf *inneren* Gründen beruhen muss, oder doch anderen als klimatischen Einflüssen ihre Entstehung verdankt.

Die auffallende Tatsache, dass auch im gleichmässig warmen und feuchten Tropenklima gewisse Arten eine spontane Periodizität der Belaubung, hie und da auch des Laubfalles zeigen, gibt Anhaltspunkte für ihre Entstehung

in der Pflanzenwelt unseres Klimas. Es erscheint einleuchtend, dass nur Gewächse, welche von vornherein eine solche Periodizität aufwiesen und von diesen wieder nur jene Individuen, bei welchen diese periodischen Erscheinungen in den richtigen Intervallen wiederkehrten, sich unserem Klima anpassen und in demselben sich dauernd erhalten und fortpflanzen konnten.

Dass die periodische Wiederkehr der Belaubung bei vielen unserer Bäume im Grunde auf *inneren* Ursachen beruht, geht übrigens auch aus der bekannten Erfahrung hervor, dass in den ersten Wintermonaten eine blosse Erwärmung und Wasserzufuhr, also z. B. ein vorzeitiger Frühling bei Kultur im Gewächshaus nicht bei allen Bäumen die ruhenden Knospen aus ihrem Schlummer zu wecken vermag. Des weiteren sprechen hiefür die Erfahrungen bei Acclimatisationsversuchen von Pflanzen gemässigter Klimate in immer feuchten Tropengebieten. Man hat z. B. vor etwa 40 Jahren versucht, unsere Eichen und Buchen im Gebirgs-garten zu Tjibodas in Westjava anzusiedeln. Sie haben aber trotz des gleichmässigen Klimas ihres neuen Standortes die Periodizität der alten Heimat beibehalten, allerdings in etwas derangierter Art, indem jetzt an den verschiedenen Aesten der Laubfall ungleichzeitig erfolgt. Auch ein kümmerlich entwickelter Apfelbaum, der auf der Krater-ebene des Pangerango, zirka 3000 m über Meer von einem in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts angelegten Versuchsfeld übrig geblieben ist, zeigt eine in ähnlicher Art unregelmässig gewordene Periodizität. Um Weihnachten 1905 waren an demselben einige Zweige völlig kahl, einige andere dagegen trugen nicht nur Blätter, sondern auch Blüten.

Zu den auffallendsten Eigentümlichkeiten der tropischen Holzgewächse gehört ferner die sogenannte *Cauliflorie*, das heisst die Blüten- und Fruchtbildung an den älteren Aesten und am *Stamm* der Bäume. Die Bedeutung dieser Stammbürtigkeit der Blüten und Früchte

ist bis heute trotz zahlreicher Versuche noch nicht völlig erklärt worden. Der beste der bisherigen Erklärungsversuche ist derjenige *Haberlandts*, der die Bedeutung der Cauliflorie auf *physiologischem* statt wie früher auf ökologischem Gebiete suchte. Tropische Gewächse mit ihrer weitgehenden Differenzierung der Organe und Organsysteme zeigen häufiger als unsere einheimischen Pflanzen die Ausbildung besonderer *Assimilationssprosse*, denen ausschliesslich die Funktion der Ernährung zukommt. Bei den Bäumen mit stammbürtigen Blüten und Früchten nimmt nun nach *Haberlandt* gewissermassen die *ganze Laubkrone* einen spezifisch assimilatorischen Charakter an; die Funktion des Blühens und Fruchtens ist hingegen den älteren Aesten und dem Stamme übertragen. Noch ein anderer Grund ist für die Zweckmässigkeit der Stammbürtigkeit angeführt worden. Bei den immergrünen Bäumen tropischer Gebiete brauchen Stamm und Aeste Reservestoffe nur für die Produktion der Blüten und Früchte zu speichern, denn das Baumaterial für neue Blätter und Zweige kann ja den einzelnen Zweigen selbst durch die immer tätigen Blätter geliefert werden. Wenn also nun die Blüten, und später auch die Früchte, direkt am reservestoffspeichernden Stamm gebildet werden, so ist damit die Zuleitung der Baustoffe wesentlich vereinfacht.

Bei einzelnen Caulifloren ist die Bildung der Blüten und Früchte an Stamm und Aesten auf bestimmt geformte Oberflächenpartien beschränkt. Bei *Diospyros cauliflora*, *Stelechocarpus Burahel Hook* (Fig. 12, Taf. V) z. B. entspringen die Blüten an grossen rundlichen Knollen und unregelmässigen Warzen am Stamm. In mannigfaltiger Ausbildung tritt Cauliflorie bei den *Ficus*arten auf. Bei einzelnen Arten sitzen die Scheinfrüchte ebenfalls in grösseren Gruppen an Stamm und Aesten beisammen. Andere Arten dagegen zeigen in bezug auf Fruchtbildung einen ausgeprägten Dimorphismus der Aeste: einerseits die normal entwickelten blatttragenden Aeste der Laubkrone und andererseits abwärts hängende *Fruchtäste* (Fig. 10, Taf. V).

Diese letzteren finden sich entweder über den ganzen Stamm verteilt, oder gehen, wie bei *Ficus Ribes Reinw.*, unmittelbar aus der *Stammbasis* hervor. Sie erreichen bei dieser Art eine Länge von 2½ m und wachsen der Erde angeschmiegt, zum Teil darin versteckt. Bei *Ficus geocarpa Teysm.*, einem mehr als 10 m hohen Baum, entstehen nach *Koorders* die Früchte zum Teil ebenfalls unmittelbar an der *Stammbasis* und zwar an schiffstauartigen, horizontal verlaufenden, völlig blattlosen Zweigen. Diese verbleiben während ihrer ganzen Entwicklung unter der Erde oder doch unter der den Boden überziehenden Laubdecke. Es kann also, wie diese letzten Beispiele zeigen, die *Caulicarpie* zu einer Art *Geocarpie* werden, was natürlich in keiner Weise dazu beiträgt, die Lösung des interessanten Problems zu erleichtern.

Die Charakteristik des tropischen Baumes wäre unvollständig, wenn zum Schlusse nicht wenigstens noch erwähnt würde, wie viel mehr als bei uns sich andere Pflanzen zwischen seinen Wurzeln, in den Furchen der Stammrinde, auf den Zweigen und Aesten und selbst auf den Blättern ansiedeln. Das ganze Heer der Lianen, Epiphyten und Schmarotzer, das in seinem Auftreten allerdings in starkem Masse von der Verteilung der Niederschläge und anderen klimatischen Verhältnissen abhängig ist, verleiht nicht zum wenigsten dem tropischen Baume und dem tropischen Urwalde ihr eigenartiges Gepräge. In üppigster Entfaltung sind sie in den *Regen- und Nebelwäldern* der Gebirge zu treffen (Fig. 13 u. 14, Taf. VI) und schaffen hier aus jedem Baum eine unendlich reiche und komplizierte Lebensgemeinschaft.

Von den 70 photographischen Aufnahmen, deren Vorweisung und Erläuterung im Lichtbilde den vorstehenden Ausführungen nachfolgte, haben, dank dem freundlichen Entgegenkommen des Zentralkomitees, 14 auf 6 Tafeln diesem ersten Teil des Vortrages beigegeben werden können.

Verzeichnis und Erklärung der Tafeln.

Tafel I.

- Fig. 1. *Eucalyptus spec.* Kulturgarten von Tjibodas, Gedehgebirge, Java (ca. 1400 m. ü. M.). Aussaat der Samen im März 1905, photographische Aufnahme der Kultur am 18. Dezember 1905.
- Fig. 2. *Dendrocalamus giganteus* Munro. mit jungen Sprossen. An den Knoten der alten Halme, dicht im Kreise gestellt, kurz gebliebene Adventivwurzeln. (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java, 31. Januar 1906.)

Tafel II.

- Fig. 3. *Sterculia Wigmannii* Hochr. mit schmalen, in ihrem Verlaufe stark gebogenen und daher nischenbildenden Tafelwurzeln. (Botanischer Garten in Buitenzorg, Java 1906.)
- Fig. 4. *Ficus Benjamina* L. mit zahlreichen, die fast horizontal verlaufenden Aeste tragenden Säulenwurzeln. (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java 1906.)

Tafel III.

- Fig. 5. Junger *epiphytischer Ficus* mit Haftwurzeln auf einer Oelpalme (*Elaeis guineensis* L.). Botanischer Garten zu Peradeniya, Ceylon 1906.)
- Fig. 6. Stammbasis einer *Palme* (*Verschaffeltia splendida* H. Wendl.) mit Stelzenwurzeln. (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java 1906.)
- Fig. 7. *Sonneratia acida* L. mit Atemwurzeln, zu Beginn der Ebbe. Die Stammbasis mit den umgebenden, spargelartigen Atemwurzeln bereits ausser Wasser. (Strand bei Tandjong Priok, Westjava 1905.)

Tafel IV.

- Fig. 8. *Albizzia moluccana* Miq. mit schirmförmiger Krone als „Schattenbaum“ in einer Kaffeeplantage. (Umgebung von Buitenzorg, Java 1905.)
- Fig. 9. Partie aus der Krone einer blühenden und Blätter ausschüttenden Leguminose (*Brownea grandiceps* Jacq.). (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java 1906.)

Tafel V.

- Fig. 10. *Ficus spec.* mit hangenden Fruchtästen am Stamm. (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java 1905.)
- Fig. 11. *Theobroma Cacao* L. mit stammbürtigen, sitzenden Früchten. (Botanischer Garten zu Buitenzorg, Java 1905.)
- Fig. 12. *Stelechocarpus Burahel* Hook. Warzige Stammpartie mit Blütenresten und Früchten. (Botanischer Garten in Buitenzorg, Java 1906.)

Tafel VI.

- Fig. 13. *Stammbasis und Tafelwurzeln* eines Baumes mit zahlreichen epiphytischen Moosen, Farnen und Blütenpflanzen. (Urwald am Gedehgebirge, Java, ca. 1600 m ü. M. 1905.)
- Fig. 14. Hochgebirgswald in ca. 2700 m. ü. M. Baumstämme und Lianen dicht mit epiphytischen Moosen und kleinen Farnen umhüllt. Gedehgebirge, Westjava, Januar 1906.)
-

Verzeichnis der benützten Literatur.

- Detmer, W.*, Botanische und landwirtschaftliche Studien auf Java. Jena 1907.
- Haberlandt, G.*, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt. I. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. in Wien. B. CI. Abt. I, 1892.
- , Eine botanische Tropenreise. Leipzig 1893.
- Koorders, S. H.*, Notizen und Abbildungen einiger interessanter cauliflorer Pflanzen. Ann. du Jardin bot. de Buitenzorg. II Serie, Vol. III, 1902, S. 82—91.
- , Biologische Notiz über immergrüne und periodisch laubabwerfende Bäume in Java. Forstlich-naturwiss. Zeitschrift. VII. Jahrg. Nov. 1898. S. 357—373.
- , Beobachtungen über spontane Neubewaldung auf Java. Forstlich-naturwiss. Zeitschrift. III. Jahrg. 1894. S. 88—96. 1 Tafel.
- Kraus, G.*, Physiologisches aus den Tropen. I. Das Längenwachstum der Bambusrohre. Ann. du Jardin bot. de Buitenzorg. Bd. XII, S. 196—210, 1895.
- Lopriore, G.*, Die Cauliflorie nach alten und neuen Anschauungen. Naturwissenschaftliche Wochenschrift, 1907, S. 497—504.
- Massart, J.*, Un botaniste en Malaisie. Gand 1895.
- Schimper, A. F. W.*, Die indo-malayische Strandflora. Jena 1891.
- Stahl, E.*, Regenfall und Blattgestalt. Ann. du Jardin bot. de Buitenzorg. Vol. XI, 1893, S. 98—182.
- Treub, M.*, Der botanische Garten zu Buitenzorg auf Java. Festschrift zur Feier seines 75jährigen Bestandes. Leipzig 1893.
- , La foret vierge équatoriale comme association. Ann. du Jardin botanique de Buitenzorg. II Serie, Vol. VII, S. 144—152, 1908.
-