

Anatomie des Palmenblattes

mit besonderer Berücksichtigung ihrer Abhängigkeit von Klima
und Standort.

Von

Hermann Koop.

Mit 21 Abbildungen im Text.

A. Einleitung.

Wie in allen naturwissenschaftlichen Disziplinen, so herrscht auch auf dem Gebiete der Pflanzenanatomie das Bestreben, alle vorkommenden Erscheinungen durch Zurückführung auf wenige Prinzipien in möglichst einfacher und umfassender Weise zu erklären. Indem die Einen in der Mannigfaltigkeit der Gestaltungen und Variationen des Pflanzenkörpers und seiner Teile vorzugsweise eine Bestätigung entwicklungsgeschichtlicher Prinzipien erblicken, möchten sie die Anatomie vor allem als eine Art „phylogenetischer Morphologie“ behandeln, „die frei zu bleiben hat von allen Einflüssen, die sich auf die Verrichtungen erstrecken.“ Zu anderer Auffassung kommt dagegen Schwendener. Nach ihm und den Arbeiten seiner Schüler ist gerade die Funktion das Moment, das in Verbindung mit dem morphologischen Bau zu tieferer Erkenntnis führt.

Ein Gebiet, das besonders geeignet ist, die Schwendener'sche Auffassung zu stützen, bilden die sogenannten Anpassungserscheinungen. Schon die Fülle der hier in Betracht kommenden Tatsachen müßte jeden, der nur an eine phylogenetische Morphologie denken wollte, zurückschrecken. Bedenkt man ferner die oft mit jedem Zweifel ausschließender Deutlichkeit bestehenden Beziehungen zwischen dem äußeren oder inneren Bau der Pflanzen und gewissen, sie von außen beeinflussenden Faktoren, kurz: die in allen Anpassungserscheinungen zutage tretende Zweckmäßigkeit, so wird man zugeben, daß hier die physiologisch-anatomische Betrachtungsweise einzig und allein am Platze ist.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich vor allem mit denjenigen Eigentümlichkeiten im anatomischen Bau des Palmenblattes, die ich infolge ihrer Beziehung zu trocknen Standorten hier füglich als xerophytische, jedoch verschieden abgestufte Merkmale bezeichnen kann.

Nähere Bekanntschaft mit der Entwicklung des Palmenblattes setze ich voraus und verweise diesbezüglich auf die Arbeiten von Eichler (l. c.), Naumann (l. c.) und Deinema (l. c.). Betreffs der speziellen Blatt-Terminologie aber will ich an dieser Stelle einige Bemerkungen anfügen, die dazu dienen sollen, Mißverständnissen vorzubeugen. Im allgemeinen gebrauche ich die Aus-

drücke, wie sie Drude (Drude I, Tl. II, Abt. 3, p. 11) anwendet; wo ich aber von ihm abweiche, geht aus dem Folgenden hervor.

Die Entwicklung des Palmenblattes lehrt, daß obere und untere Hauptnerven (v. Mohl und v. Martius, nach Wendland l. c. p. 145) prinzipiell nichts Verschiedenes, vielmehr durchaus gleichwertige Gebilde sind, indem beide als Kanten der infolge starken Breitenwachstums im engbegrenzten Raume gebildeten Falten entstanden. Sie unterscheiden sich recht eigentlich nur durch ihre Lage. Daher sind meines Erachtens Ausdrücke wie „Hauptnerven“ für die oberen und „Nähte“ oder „Nahtnerven“ für die unteren Hauptnerven (Wendland, p. 145 und 146), hinter denen man doch unwillkürlich etwas prinzipiell Verschiedenes sucht, keineswegs gerechtfertigt, zumal das Zerschlitzen der jungen gefalteten Spreite durchaus nicht bei allen Palmen in den Unterkanten, sondern bei sehr vielen Gattungen (*Phoenix*, *Arenga*, *Wallichia*, *Didymosperma*, *Caryota* und den meisten Fächerpalmen) nur in den Oberkanten erfolgt. So dient zum Beispiel bei *Cocos* als Mittelnerv der Fiedern ein oberer Hauptnerv, bei *Arenga* dagegen ein unterer, indem sich im ersteren Falle die Spaltung in den unteren, im letzteren hingegen in den oberen Kanten vollzog. Wieder andere Palmen zeigen ein noch anderes Verhalten. So vollzieht sich drittens der Desorganisationsprozeß weder in den unteren, noch in den oberen Kanten, sondern in der Lamina selbst (*Rhapis*, *Rhapidophyllum*), und in einem vierten, wenn auch seltenen, von Eichler¹⁾ angegebenen Falle findet das Zerklüften sowohl in den oberen, als auch in den unteren Kanten statt.

Selbst bezüglich des anatomischen Baues ist zwischen oberen und unteren Hauptnerven ein durchgreifender, prinzipieller Unterschied nicht zu konstatieren. So besitzt der Fiedermittelnerv von *Cocos* mit demjenigen von *Arenga* dem Prinzip nach gleichen Bau. Dasselbe gilt von den oberen und unteren Hauptnerven der Fächerblätter. Wenn sich nun zum Beispiel bei *Phoenix* in den unteren Kanten, als den späteren Mittelnerven der Fiedern, keine Gefäßbündel entwickeln, wenn ferner bei manchen Palmen die oberen Hauptnerven stärker (*Sabal*), ja weit stärker und anatomisch anders gebaut (*Pinanga*) sind als die unteren (vergl. Fig. 15 und 16), so ändert das selbstverständlich nicht die Sache, nämlich die Tatsache, daß zwischen oberen und unteren Hauptnerven auch bezüglich des anatomischen Baues im allgemeinen kein durchgreifender, prinzipieller Unterschied vorhanden ist.

Den Ausdruck „Rippe“ für „Rhachis“, wie er sich bei Drude findet, halte ich für meine Ausführungen weniger passend. Vielmehr wähle ich den Ausdruck „Rippe“ statt „Nerv“ (Hauptrippe statt Hauptnerv, Mittelrippe statt Mittelnerv), zumal „Rippe“ der Bezeichnung „Rhachis“ angemessen ist. Aber noch aus einem ganz anderen Grunde ist an dieser Stelle die Bezeichnung „Nerv“

¹⁾ Eichler l. c., p. 21: „Sowohl die Ober- als die Unterkanten sterben ab, die Segmente haben daher gar keine Mittelrippe, resp. Mittelfalte: *Chamaerops* z. Th.“

zu verwerfen. Handelt es sich hier doch um das ganze Gewebe einer Kante, in der mitunter (*Phoenix*) nicht mal Gefäßbündel, an die man aber doch einzig und allein bei dem überdies unpassenden Ausdruck „Nerv“ denkt, vorhanden sind.

Die obigen Ausführungen wiederhole ich kurz: Die älteren Autoren v. Mohl und v. Martius sprechen von oberen und unteren Hauptnerven, während Wendland (l. c. p. 145—149) die Oberkanten kurz als Hauptnerven, die Unterkanten dagegen als Nähte oder Nahtnerven bezeichnet. Aus den oben angegebenen Gründen schließe ich mich keinem der genannten Autoren an, sondern wähle die Ausdrücke obere und untere Hauptrippen.

Wenn ich nun die nach oben weisenden Faltenkanten obere und die nach unten zeigenden untere Hauptrippen nenne, so darf man aber keineswegs annehmen, daß die ersteren auch immer über die obere, die letzteren auch immer über die untere Blattfläche vorspringen. Zwar ist dies meistens der Fall; doch kommt es auch vor, daß die Hauptrippen nach der entgegengesetzten Seite am stärksten hervortreten. So ist z. B. die Mittelrippe (Fig. 17) der Fiedern von *Martinezia Lindeniana* eine obere Hauptrippe, springt aber an der Unterseite des Blattes weit vor, während sie die Ebene der Oberseite nur sehr wenig überragt. Dasselbe Verhalten zeigt nach Wendlands Angaben (l. c. p. 148) die Gattung *Drymophloeus*.

Ferner sehe ich mich veranlaßt, noch mit einigen Worten auf die Teilungsverhältnisse ganz im allgemeinen und somit auf die Bildung der Fiedern beziehentlich Fächerstrahlen, kurz: auf die Knospenlage einzugehen. Wendland bietet nämlich a. a. O. p. 145—154 eine Theorie über die Entwicklung der *Phoenix*-Pinne, allgemein über die Entwicklung der induplikaten Blattlage aus der reduplikaten, welche ich durchaus für verfehlt erachte, während andererseits der kleinen Exkursion durch die verschiedenen Blattformen der Palmenfamilie immerhin ein gewisses Interesse nicht abzusprechen ist. Bevor ich jedoch auf Wendlands Theorie eingehe, führe ich hier in aller Kürze die zum vollen Verständnis unerläßlichen entwicklungsgeschichtlichen Tatsachen auf.

Die Teilungen ersten Grades vollziehen sich beim jungen gefalteten Blatte, wie schon oben angedeutet, entweder in den unteren Kanten, so daß reduplikate Pinnen entstehen (außer bei fast allen Fiederpalmen noch bei einigen Fächerpalmen, nämlich den *Mauritien* und etlichen¹⁾ *Sabaleen*), oder in den oberen Kanten, so daß induplikate Segmente gebildet werden (bei den typischen Fächerpalmen, nämlich den *Borassineen* und den meisten¹⁾ *Sabaleen*, sowie bei den oben genannten fünf Fiederpalmen-Gattungen), oder aber die betreffenden Teilungen gehen vor sich in der Lamina zwischen den Hauptrippen (bei gewissen Fächerpalmen, zum Beispiel bei *Rhapis*, *Rhapidophyllum*). Ob in letzterem Falle das be-

¹⁾ Wenn Pfister (l. c. p. 4) bemerkt: „ ; sie (die *Sabaleen*) sind außer den *Borassineen* die einzige Tribus der Palmen mit eingeschlagenen Fächerblättern“, so widerspricht er damit den Angaben von Drude (Drude I, p. 30) und von Wendland (l. c. p. 147—149), da es nach diesen beiden Autoren auch *Sabaleen* mit zurückgeschlagenen Fächerstrahlen gibt.

treffende Blatt zu den reduplikaten oder induplikaten zu rechnen ist, hängt mit der Frage zusammen, aus was für Falten oder Segmenten (mit je einer Hauptrippe gleicher Art) man sich das noch ungeteilte Blatt bestehend denken kann.

Die genannten Teilungsverhältnisse nun und die mit diesen durchweg Hand in Hand gehende Blattlage sind — das wiederhole ich hier — entwicklungsgeschichtliche Tatsachen. So teilt sich zum Beispiel bei *Phoenix* (nach Eichler, Naumann und Deinema) die gefaltete Spreite längs den Oberkanten, und es entstehen induplizierte Fiedern. Aus Wendlands Darstellung bezüglich der Gattung *Phoenix* spricht aber deutlich der Gedanke von einer Halbierung reduplizierter Fiedern und einem Verwachsen der Hälften zu induplizierten. Das widerspricht also vollständig den entwicklungsgeschichtlichen Ergebnissen. Auch müßte, wenn Wendlands Ansicht die richtige wäre, jede unterste Fieder eine halbe sein, was aber ebenfalls der Wirklichkeit widerspricht. Ganz ähnlich verfährt Wendland mit den Fächerpalmen und drückt sich hier sogar noch entschiedener aus. Nach den Worten: „Will man bei den Palmen nun von einer doppelten Blattlage überhaupt sprechen, so kann man nur den Gattungen *Phoenix*, *Arenga*, *Wallichia*, *Didymosperma* und *Caryota* eine induplikate zugestehen, allen andern aber eine reduplikate“, will er selbst bei den fünf eben aufgezählten Gattungen von einer induplikaten Blattlage kaum etwas wissen, spricht sie allen Fächerpalmen aber ohne weiteres ab. Bei denjenigen Fächerpalmen (den meisten und typischen), bei denen die Hauptteilungen in den oberen Kanten erfolgen, so daß induplizierte Fächerstrahlen entstehen, hält er letztere eben für aus zwei aneinandér grenzenden Hälften benachbarter reduplizierter Strahlen zusammengesetzte Gebilde: ebenfalls ein Widerspruch gegen die bekannten entwicklungsgeschichtlichen Tatsachen.

Liegt Wendlands Theorie nun wirklich der Gedanke von einer phylogenetischen Entwicklung zugrunde, so ist sie ebenso wenig haltbar. Nach den bisherigen palaeontologischen Befunden kann ich wenigstens mit demselben Recht die typischen Fächerpalmen (mit induplikater Blattlage), als die ursprünglichen und die Fiederpalmen (mit reduplizierten Fiedern) als die höchst entwickelten Formen ansehen, als umgekehrt. Infolgedessen wäre dann, im Gegensatz zu Wendlands Behauptung, nicht die reduplikate, sondern die induplikate Blattlage die ursprüngliche, aus der sich dann die reduplikate entwickelt hätte. Nach Wendlands Verfahren wäre ich somit ferner berechtigt, im Gegensatz zu diesem Autor, die induplikate Blattlage als die „einzige“ anzunehmen, und die reduplikate (der vielen Fiederpalmen) in Frage zu stellen. Das würde aber doch recht willkürlich sein und direkt den Ergebnissen der Ontogenie widersprechen.

In jedem Falle also, gleichviel, ob die Fächerpalmen mit induplikater oder die Fiederpalmen mit reduplikater Blattlage die ursprünglichen Formen sind, hat man von zwei Blattlagen zu reden, von denen die induplikate sich bei den typischen Fächer-

palmen und den oben erwähnten fünf Fiederpalmen-Gattungen findet, während die reduplikate neben allen übrigen Fiederpalmen noch einigen Fächerpalmen, den *Mauritien* und etlichen *Sabaleen*, zukommt, deren Blatt mehr oder weniger ein Übergangsglied darstellt zwischen einem fächer- und fiederförmigen Blatt.

Von diesen Vorbemerkungen mehr terminologischen und entwicklungsgeschichtlichen Inhalts wende ich mich zur Anatomie.

B. Ausführung.

I. Allgemeiner Teil.

Die Querschnittform des Petiolus ist bei den verschiedenen Gattungen sehr mannigfach, bleibt sich aber bei demselben Blatte im ganzen Verlauf des Petiolus meistens gleich, namentlich bei den Fächerpalmen. In gleicher Weise hat auch die Anordnung der Mestombündel mit ihren Bastbelegen systematischen Wert. Dieselbe ist zwar in erster Linie von mechanisch-physiologischen Prinzipien abhängig, die aber immerhin eine gewisse Variation in der Bündelanordnung zulassen. So erklärt es sich denn, daß der genannte Hauptzweck in für bestimmte Palmengruppen charakteristischer Weise erzielt wird. Häufig sind die Bündel in einem nach oben offenen V angeordnet (z. B. bei *Rhapis*, *Chrysalidocarpus*), dessen genauere Form sowie Größe der Öffnung sehr variiert¹⁾. Bei vielen Gattungen jedoch sind sie über dem ganzen Querschnitt regellos zerstreut. In jedem Falle aber befinden sich auch an der Peripherie Bündel und zwar mit weit kräftigeren Belegen. Dazu gesellen sich oft isolierte Baststränge, so daß der Petiolus die nötige Biegungsfestigkeit erhält. Im Dienste dieser steht auch die Tatsache, daß die stärksten Bastmassen an der Ober- und Unterseite auftreten (wo die Belege mehrerer Bündel oft miteinander verschmelzen), da rechtwinklig zur Blattfläche der Wind seine größte Kraft ausübt und in der Richtung von oben nach unten das Gewicht des Blattes wirkt.

Das vom Petiolus Gesagte gilt im ganzen und großen auch von der Rhachis, die rechts und links die Lamina mit ihren Hauptrippen (bei Fiederpalmen also die Fiedern mit ihren Mittelrippen) trägt und gleichsam als Fortsetzung²⁾ des Petiolus anzusehen ist.

¹⁾ *Chrysalidocarpus* zeigt im Querschnittsbilde seines Petiolus mehrere schön geschweifte V ineinander geschachtelt. Die Abbildung des Petiolusquerschnittes von *Rhapis* findet sich in der bekannten Arbeit von Drude (Drude I. p. 13. Fig. 11. H).

²⁾ Der Petiolus ist, wie die Ontogenie lehrt, später ausgebildet als die Rhachis und zwar durch Streckung des Basalteiles. „das spießartig zusammengewickelte Blatt aus den umschließenden älteren Scheiden an das Tageslicht“ befördernd.

Doch ist die Querschnittform der Rhachis bei demselben fächerförmigen Blatt ganz verschieden von der des Petiolus, während bei den Fiederblättern ein viel allmählicherer Übergang stattfindet. So kommt es denn, daß die Rhachis bei demselben Fiederblatte in ihrem Verlauf oft verschiedene Querschnittsumrisse zeigt. Letzteres läßt sich beispielsweise sehr schön bei den *Phoenix*-Arten beobachten. Bei den Fiederblättern ist bekanntlich die Rhachis sehr lang (sie bringt oft den Petiolus fast bis zum Verschwinden) und endet bei den paarig gefiederten Blättern zwischen dem obersten Fiederpaar und bei den unpaarig gefiederten als Mittelrippe der endständigen Fieder. Die Rhachis der fächerförmigen Blätter dagegen ist verhältnismäßig bedeutend kürzer. In vielen Fällen durchzieht sie zwar fast die ganze Spreite (in der Mittellinie) und endet im Winkel der in der Mittellinie verlaufenden Spalte und zwar innerhalb gewisser Gattungen als herabhängender Faden; sehr oft aber ist sie mehr oder weniger stark verkürzt, nicht selten sogar bis zum Verschwinden, und wird dann an ihrer Spitze gleichsam von der Lamina umflossen.

Die Rhachis der Palmenblätter verjüngt sich von der Basis bis zur Spitze je nach der Länge stark oder ganz allmählich und zwar im Interesse der Festigkeit, sowie wegen Abnahme der Mestombündelzahl. Die im Petiolus vorhandenen Bündel werden nämlich im Verlauf der Rhachis aus dieser allmählich in die Fiedern resp. mehr oder weniger schnell in die Fächerstrahlen abgegeben.

Wie die Rhachis beispielsweise bei *Sabal Palmetto* endet, will ich hier mit kurzen Worten einschalten. Sie geht allmählich über in denjenigen Teil der Lamina, der sich zu beiden Seiten der in der Mittellinie vorhandenen Spalte befindet und entsendet in letztere den bereits erwähnten Faden, der mit kräftigen Belegen versehene Mestombündel führt. Daher ist es denn auch erklärlich, daß die Rhachis an der betreffenden Stelle flacher geworden ist und eine Faltung erkennen läßt, die derjenigen der Lamina entspricht. Daß mit dieser Faltung eine entsprechende Anordnung der Mestombündel verbunden ist, halte ich für selbstverständlich. Doch scheint mir erwähnenswert zu sein, daß die besagte Bündelanordnung schon deutlich auftritt, wo kaum eine Andeutung einer Faltung am Rhachisquerschnitt zu erkennen ist, also verhältnismäßig weit vor der Rhachisendigung.

Aus gleichen Gründen wie die Rhachis verjüngt sich auch die Mittelrippe der Fiedern und Fächerstrahlen und bildet somit wie jene einen Träger von gleichem Widerstande. Die Mestombündel derselben treten unter einem sehr spitzen Winkel in die Lamina ein. Unter demselben Winkel gabeln sich auch die bereits in der Lamina verlaufenden Bündel, so daß die im ganzen und großen parallele Aderung der Monocotylen-Blätter entsteht.

Bevor ich mich nun auf die Anatomie der Hauptrippen einlasse, halte ich es für zweckmäßig, ein kleines Kapitel über die Fibrovasalstränge des Palmenblattes, speziell seiner Lamina, voraufzuschicken.

Bezüglich des Mestoms, dessen anatomischer Bau im allgemeinen als bekannt vorausgesetzt werden darf, will ich nur noch erwähnen, daß ich außer Bündeln mit ungeteiltem Leptom nicht nur solche mit zwei oder drei oder gar vier Leptomgruppen fand, sondern auch ein sonst ganz normales Bündel in der Blattlamina von *Pinanga Kuhlii*, welches das Leptom in sechs Gruppen geteilt zeigte. Im Verlaufe meiner Untersuchungen stellte sich heraus, daß die Anzahl der Leptomgruppen bei ein und derselben Species sich nach der Größe der Bündel richtet. Im übrigen aber ist die Zerklüftung des Leptoms eine Eigentümlichkeit gewisser Species und läßt sich somit systematisch verwerten. So zeigt sich bei einigen selbst mit großen Bündeln versehenen Arten keine Leptomzerklüftung, während bei anderen, wie z. B. bei *Chrysalidocarpus lutescens*, selbst Bündel von relativ geringer Querschnittgröße sogar vier Leptomgruppen aufzuweisen haben.

Bei kleinen Mestombündeln kommt es vor, daß der Hadrom-, ja selbst auch der Leptobelag vollständig fehlt, während die größeren und großen Bündel beide Belege besitzen. So weit nun letztere auch das Mestom umgreifen mögen, so berühren sie sich doch in keinem Falle. Diese an den Flanken der Mestombündel befindlichen Lücken (z. Fig. 4, 18 u. 19) im Skelettringe dienen der Ab- und Zuleitung der Assimilationsprodukte und des Wassers und sind daher von Schwendener mit dem Ausdruck „Zugänge“ belegt worden. Das Parenchym, das sich in diesen Zugängen findet, ist rücksichtlich der Festigkeit meistens mehr oder weniger dickwandig. Damit dieses die erwähnte Leitung wiederum nicht zu sehr erschwert, besitzt es sehr zahlreiche Poren.

Mit besonderem Interesse habe ich bei Gelegenheit dieser Arbeit die Scheidenfrage studiert. Parenchymscheidenzellen finden sich überall an der Peripherie der Mestombündel, wo sie nicht durch Skelettelemente verdrängt worden sind. Es kommt jedoch auch vor, daß die Parenchymscheide selbst über ein- bis dreischichtigen Bastbelegen geschlossen ist (*Sabal*, *Borassus* und *Martinexia* [Fig. 18, p.]). Auch greift sie fast stets über stärkere Belege mehr oder weniger weit hinüber (Fig. 18, p'). Typische Parenchymscheidenzellen sind charakterisiert durch ihre völlige Farblosigkeit, ihr lückenloses Aneinanderschließen und ihre Form. Sie sind an der dem Bündel abgewendeten Seite mehr oder minder stark nach außen vorgewölbt und oft in größerem oder geringerem Grade in der Längsrichtung des Bündels gestreckt. Falls ihre Länge die Breite nicht übertrifft, sind sie trotzdem oft länger, als die benachbarten assimilierenden Zellen, indem diese dann oft rechtwinklig zum Bündel eine Streckung erfahren haben. Auf jeden Fall aber machen sich die Parenchymscheidenzellen schon durch die beschriebene Form sofort erkennbar, indem sie sich in der einen oder andern oder in beiden Beziehungen mehr oder weniger deutlich von den angrenzenden Mesophyllzellen abheben. Doch zeigen bei denjenigen Bündeln, bei denen die Parenchymscheide nicht geschlossen ist, aber über die Belege etwas hinübergreift, gerade an diesen Stellen die Scheidenzellen vielfach einen Übergang

zu den assimilierenden Elementen, sowohl bezüglich der Form, als auch des Inhalts.

Die Parenchym Scheide fand sich bei allen untersuchten Arten, doch in sehr verschiedenem Grade der Ausbildung. Am schönsten ausgeprägt fand ich sie bei den untersuchten *Sabal*-Arten, *Borassus flabelliformis* und *Hyphaene thebaica*, bei denen sich die Scheidenzellen neben ihrer vollständigen Farblosigkeit noch durch ihre Größe auszeichnen. Andererseits scheint bei mehreren Arten (*Chrysalidocarpus lutescens*, *Thrinax Miraguana* u. a.) die ganze Parenchym Scheide teilzunehmen an der Funktion des grünen Gewebes, indem ihre Zellen mehr oder weniger Chlorophyll führen.

Ich beginne jetzt mit der Beschreibung der Hauptrippen der Fieder- und Fächerblätter. Die Mittelrippe der *Phoenix*-Fieder führt weder Gefäßbündel, noch besitzt sie ein besonderes Trägersystem. Alle übrigen untersuchten Fiederpalmen haben in der Fiedermittelrippe (Fig. 8, 15 und 17), gleichviel, ob diese eine obere (Fig. 15 und 17) oder untere (Fig. 8) Hauptrippe ist, einen hohlzylindrischen Träger aus typischen Skelettelementen, der oben und unten das Hautgewebe erreicht oder doch wenigstens nicht weit von demselben entfernt bleibt und an jeder Flanke, gleich den Stereomscheiden der einzelnen Mestombündel der *Lamina*, einen Zugang (z. Fig. 8, 15 und 17) besitzt, indem die Bastelemente an diesen Stellen durch mehr oder weniger derbwandiges, porenreiches Parenchym ersetzt sind. Der Querschnitt dieses Skelettzylinders ist nicht immer ein Kreis, sondern sehr oft eine Ellipse (Fig. 15 und 17), deren größte Achse rechtwinklig zur Blattfläche gerichtet ist. Überdies ist in solchen Fällen die Hauptbastmasse nach den Polen dieser Achse verlagert. Beides hängt augenscheinlich damit zusammen, daß die Fiedern hauptsächlich rechtwinklig zur Spreite auf Biegung beansprucht werden. Der Skelettzylinder ist in jedem Falle angefüllt mit farblosem, weithumigem Parenchym, in dem mehrere, oft zahlreiche Mestombündel (m) eingebettet liegen, ähnlich wie die Blutgefäße im Markgewebe röhrenförmiger Knochen. Diese geschützte Lage macht besonders starke Belege der einzelnen Bündel überflüssig. So finden sich keine oder nur schwache Leptombelege, weit seltener auch noch solche Hadrombelege. Die peripherisch gelegenen Bündel lehnen sich meistens an die gemeinsame Stereomhülle an. Die Flanken der letzteren sind in der Region der Zugänge von Parenchym Scheidenzellen (p. Fig. 15 und 17) begleitet, die verhältnismäßig sehr klein sind.

Bei den typischen Fächerblättern führen die Strahlmittelrippen (Fig. 1) wie auch die übrigen Hauptrippen ebenfalls mehrere, oft zahlreiche Mestombündel (m), jedes indeß mit besonderen, meist kräftigen Belegen. Dazu gesellen sich häufig isolierte, peripherisch gelegene, mehr oder minder starke Baststränge. Vor allen Dingen aber habe ich den oben beschriebenen Skelettzylinder bei keinem typischen Fächerblatte gefunden.

Den Grund dieser Differenz zwischen typischen Fächer- und den (meisten) Fiederblättern bezüglich des anatomischen Baues

der Hauptrippen glaube ich ohne Zweifel in der mechanischen Inanspruchnahme suchen zu müssen. Das Skelett biegungsfest gebauter zylindrischer Organe ist in der Mittelrippe der freien Fiedern wohl am Platze, da sie mehr oder weniger nach allen Seiten auf Biegung in Anspruch genommen werden, während die Fächerstrahlen meistens im größten Teil ihres Verlaufs zusammenhängen und daher fast ausschließlich rechtwinklig zur Fläche auf Biegung beansprucht werden. Für diese meine Ansicht sprechen auch die vorkommenden Abweichungen und Übergänge. So zeigt zum Beispiel *Mauritia vinifera* in der Strahlmittelrippe den typischen Skelettring der meisten Fiederpalmen. Damit im Einklang steht nun die Tatsache, daß die fraglichen Fächerstrahlen Fiedern gleichen und zwar insofern, als sie fast ganz frei werden, indem die Spaltungen fast bis auf die Rhachis reichen. Letzteres gilt in geringerem Grade von einigen anderen untersuchten Fächerpalmen, bei denen denn auch die Anatomie der Strahlmittelrippe einen Übergang zeigt, indem sie sich bald mehr der Anatomie der Fiedermittelrippe der (meisten) Fiederpalmen, bald jedoch derjenigen der Strahlmittelrippe der typischen Fächerpalmen nähert. Einzelheiten sollen im speziellen Teil bei den betreffenden Arten (*Borassus flabelliformis*, *Thrinax Miraguana*, *Trachycarpus Khasyana*, *Jubaea spectabilis*) zur Darstellung kommen.

Im Innenwinkel der ehemaligen Faltenkanten findet sich ein fast immer farbloses, weitmaschiges Gewebe (s. Fig. 1, 8, 15, 16 und 17). Nur selten sind dessen sämtliche Zellen isodiametrisch oder etwas quergestreckt; vielmehr ist meistens der größte Teil mehr oder weniger palisadenartig. Das in Rede stehende Gewebe setzen Eichler (l. c.) und Naumann (l. c.) mit der Entfaltung des Blattes in Beziehung und wird daher von letzterem auch als „Schwellgewebe“ bezeichnet. Nach beiden Autoren bewerkstelligt es nämlich das Ausbreiten der gefalteten Spreite. Über das „Wie“ aber ist man sich noch sehr im unklaren, wenigstens ist ein unzweideutiger Nachweis bisher für keine Ansicht erbracht. Ein ähnliches, aber mehr polsterartiges Gewebe ist auch zu beiden Seiten der Rhachis vorhanden und zwar nur da, wo letztere Spreitenteile trägt (bei Fiederblättern also nur an den Insertionsstellen der Fiedern oder Fiedergruppen). Auch hier fungiert das in Rede stehende Gewebe als Schwellgewebe, und zwar dient es bei der Entfaltung des Blattes der Drehung der Spreite um die Rhachis als Achse.

Nach dem Gesagten verrichtet das Schwellgewebe an allen genannten Orten nur einmal die beschriebene Arbeit. Daß es nach der Entfaltung des Blattes seine ursprüngliche Funktion einstellt, ist Erfahrungstatsache. Es dient fortan vielmehr in manchen Fällen neben der Wasserspeicherung noch der Festigkeit, indem die Zellwände, oft große Poren zeigend, sich mehr oder weniger stark verdicken. Selbst die Art der Streckung dieser parenchymatischen Zellen deutet oft schon hin auf das Prinzip der Festigkeit. So ordnen sich beispielsweise bei *Pinanga Kuhlii* an den Seiten des Skelettringes der Mittelrippe (Fig. 15), die etwa um das Drei-

fache der Dicke des Blattes über dieses nach der Oberseite hervorragt, die palisadenartig gestreckten, in diesem Falle chlorophyllführenden Zellen des Schwellgewebes (s) in Kurven; sie gehen von der Epidermis der Unterseite aus und legen sich rechtwinklig an den Skelettring respektive die Parenchym Scheide an. Die Kurven stellen augenscheinlich Linien des größten Drucks dar und sind somit in mechanischer Hinsicht von Bedeutung. Einen ganz ähnlichen Fall bringt Schwendener in seinem „Mechanischen Prinzip“ zur Sprache und zwar unter dem Kapitel: „Verhalten des Parenchyms“ (l. c. p. 86; Taf. X, Fig. 1). In ähnlichen Kurven ordnen sich die Zellen des Schwellgewebes an der Rhachis. Die Zellreihen bilden gleichsam die Streben zwischen der festen Rhachis und der ausgespannten Spreite (auch in dem Gewebepolster an den Insertionsstellen der Fiedern resp. Fiedergruppen).

Das Schwellgewebe ist bei den verschiedenen Arten von wechselnder Größe und ist der Festigkeit halber nicht selten von Baststrängen durchzogen, deren Zahl und Größe sich naturgemäß im ganzen und großen nach der Stärke der betreffenden Spreite richten. Dabei habe ich namentlich das Schwellgewebe an den Hauptrippen, also im Winkel der ehemaligen Faltenkanten im Auge. Bei den Fiederblättern mit typischem Skelettring in der Mittelrippe teilt dieser das Schwellgewebe (s) in zwei seitlich gelegene Teile (Fig. 15 und 17), während es bei den typischen Fächerblättern gerade über der Hauptrippe am stärksten entwickelt ist und somit ungeteilt bleibt (Fig. 1, s). Diesbezügliche Übergänge gehen mit denjenigen hinsichtlich des bereits erwähnten Skelettgewebes der betreffenden Hauptrippen (vgl. p. 93) meistens Hand in Hand, was im speziellen Teil bei den betreffenden Arten (*Thrinax Miraguana*, *Jubaea spectabilis*) näher dargelegt ist.

Nach Erledigung der Behandlung der Hauptrippen und des Schwellgewebes mag noch ein Wort über den Rand der Fiedern und Fächerstrahlen gestattet sein. Bei gewissen Species¹⁾ vollzieht sich der Desorganisationsprozeß (die Ursache der Fieder- bzw. Strahlenbildung) schon vor der Differenzierung der Zellen zu verschiedenen Geweben, also in einem außerordentlich frühen Entwicklungsstadium, in dem die Spreitenlamelle noch ganz meristematisch ist. Diese Tatsache macht das Vorhandensein einer normalen Epidermis am Rande der Fiedern bzw. Fächerstrahlen der betreffenden Palmen²⁾ verständlich; denn wäre die Teilung nach der Differenzierung der Zellen zu verschiedenen Geweben erfolgt, so hätte sich am Rande unmöglich eine normale Epidermis entwickeln können. Wollte man aber dennoch diesenfalls von einer nachträglichen Epidermisbildung reden, so müßten die betreffenden Zellen sich doch ohne Zweifel in irgend etwas, sei es

¹⁾ Zum Beispiel bei *Rhapis flabelliformis* (nach Naumann und Deinema), bei *Rhapidophyllum Hystrix* (nach Naumann).

²⁾ Unter den von mir untersuchten Arten außer bei *Rhapis flabelliformis* und *Rhapidophyllum Hystrix* noch bei *Mauritia vinifera*, *Thrinax Miraguana*, *Cocos plumosa*, *C. coronata* und *Jubaea spectabilis*, die aber bezüglich des Zerschlitzens ihrer Blätter noch nicht entwicklungsgeschichtlich untersucht sind.

in Form, Größe oder Anordnung von den benachbarten normalen Epidermiszellen unterscheiden und sich von diesen abheben; nach meiner Meinung müßten die nachträglich gebildeten Zellen mehr den Charakter von Elementen annehmen, die sich an vernarbten Stellen finden. Das letztere findet nun tatsächlich statt bei allen übrigen untersuchten Palmen, von denen denn auch bei mehreren (zum Beispiel bei *Caryota urens* und einigen *Phoenix*-Arten) nachgewiesen ist, daß die Teilungen sich in einem späteren Entwicklungsstadium vollziehen. Die betreffenden Stellen regenerieren keine normale Epidermis, sondern zeigen einen Komplex dickwandiger, oft etwas gestreckter, vielfach mit Poren versehener, unregelmäßig gelagerter Zellen, mitunter von unregelmäßiger und ganz verschrobener Form. Diesen Zellkomplex bezeichnet Eichler als „totes Gewebe“, ohne jedoch seine Behauptung zu begründen. Meines Erachtens sind die Zellen derartiger Vernarbungsstellen als lebende Elemente anzusprechen, wenigstens so lange, bis der Beweis des Gegenteils erbracht ist. Wohl aber können diejenigen Zellen oder Zellwände als abgestorben bezeichnet werden, die dem desorganisierten Gewebestreifen angehörten und etwa als Reste an der vernarbten Stelle des Randes haften geblieben sind.

Endlich seien noch die von Mettenius mit dem Namen „Stegmata“ belegten Zellen mit ihren Kieseleschlüssen, sowie die aus Kalkoxalatnadeln bestehenden Raphidenbündel erwähnt. Letztere sind nicht bei allen Palmen vorhanden. Sie variieren bezüglich der Anzahl und Größe bei den verschiedenen Arten ganz erheblich und mit ihnen die zugehörigen Behälter, jedoch derart, daß die Raphidenbündel oft in einer mächtigen Schleimmasse eingebettet liegen, während sie für diese in anderen Fällen weniger Raum übrig lassen. Entsprechend der Parallelität so vieler Elemente bei Organen monocotyler Gewächse strecken sich auch die Raphidenzellen in der Richtung der Hauptachse der Blattsegmente. Ihre Gestalt variiert zwischen der einer Spindel und eines Zylinders mit abgerundeten Enden.

Während die Raphiden keineswegs bei jeder Species vorkommen, bezeichnete Licopoli die Kieseldrusen geradezu als ein Charakteristikum der Palmen, und in der Tat sind die besagten Gebilde bei sämtlichen untersuchten Arten gefunden worden. Daß stegmata mit Kieselkörpern überhaupt bei Palmen vorkommen, ist durch Rosanoff bekannt geworden. Nachdem später Treub, Licopoli und Solla in dieser Reihenfolge über die „Palmen-Deckzellen“ berichtet haben, hat Kohl diese Bildungen innerhalb der großen Palmenfamilie einer eingehenden und vergleichenden Untersuchung unterzogen. Was den Ort ihres Vorkommens im Blattgewebe betrifft, will Solla sie außer als Begleiter der Gefäßbündel noch im parenchymatischen Gewebe und mitunter auch an Bastbündeln beobachtet haben. Dementgegen kann ich zufolge meiner Untersuchungen behaupten, daß die Kieselkörper führenden Zellen, wenigstens in den Blattorganen der Palmen, so gut wie ausschließlich als Begleiter von Baststrängen anzusprechen sind, sowohl von Bündelbelegen und Bastscheiden der Queranastomosen,

als auch von subepidermalen Rippen, sowie isolierten im Mesophyll zerstreut liegenden Strängen. Sie finden sich an der Oberfläche der Skelettstränge unregelmäßig zerstreut oder in Längslinien angeordnet. Bei manchen Arten bilden sie lange ununterbrochene Reihen, indem sie lückenlos aneinander schließen und zwar wie die Glieder eines Rosenkranzes. Diese Verhältnisse, sowie die Anzahl der in Rede stehenden Gebilde wechseln mit der Species in hohem Grade.

Die Stegmata haben die Form einer Kugel oder Bi-bis Planconvexlinse. Ihre der resp. den betreffenden Bastzellen anliegende Membranpartie ist mehr oder minder verdickt, während die gegenüberliegende, ausgebauchte Wandpartie in der Mitte zart bleibt und, gegen den Rand zu nach und nach kräftiger werdend, allmählich in die stark verdickte Partie übergeht. Die Innenseite der Wand habe ich nie ganz glatt gefunden, sondern mehr oder minder zackig oder grubig, ganz entsprechend dem in der Zelle enthaltenen, mit Spitzen oder mehr knötchenförmigen Protuberanzen versehenen Kieselkörper, der so gut wie ganz das Zellumen ausfüllt. Ein solches Krystallaggregat ist im ganzen und großen entweder kugelförmig oder hat die Form eines Hütchens oder einer mehr oder minder runden Scheibe. Über die Funktion der hier besprochenen Stegmata und Kieselkörper ist bis heute nichts Sicheres bekannt.

Bevor ich nun zum speziellen Teil übergehe, in welchem neben einer genauen und ausführlichen Darstellung der Blattspreitenanatomie der untersuchten Arten gleichzeitig der Nachweis geführt werden soll, daß jede Palmenart in ihrer Blattanatomie dem betreffenden Standort und Klima entspricht, und daß ein und dieselbe Art ebenfalls aus Zweckmäßigkeitsgründen auf die ihr gebotenen veränderten Lebensbedingungen reagiert, will ich noch mit wenigen Worten auf die Lebensbedingungen der Palmen ganz im allgemeinen, sowie auf die wichtigsten derjenigen Vorkehrungen eingehen, welche Palmen treffen, die Zeiten ungünstiger Lebensbedingungen zu überstehen haben.

Nach Drude's Angaben (Drude II, p. 19) wachsen die Palmen „in so verschiedenen Ländern und unter so verschiedenen Lebensverhältnissen, daß sich die Bedingungen ihres Vorkommens durchaus nicht in bestimmte Gesetze bringen lassen; Frost können sie nicht erleiden, und das Wasserbedürfnis ist bei allen verhältnismäßig groß: dies ist das einzig Allgemeine, was sich ausnahmslos bestätigt. Auch darf man hinzufügen, daß die größere Menge von Palmenarten unausgesetzter Niederschläge bedarf und die Gegenden meidet, in denen regenlose Winter die Vegetationsperiode unterbrechen; aber wie wenig diese Regel ausnahmslos ist, beweist das häufige Vorkommen von Dattelpalmen in Nordafrika und Arabien, das üppige Gedeihen der Dampalme Ägyptens; in den zur Winterzeit dürr und unbelaubt dastehenden Wäldern der Provinz Minas Geraes in Brasilien ist die zahlreich eingestreute *Cocos coronata* neben den Epiphyten auf den Laubbäumen oft das einzige Grün;

an unterirdischen Wasserzuflüssen darf es allerdings diesen Palmen ebensowenig fehlen.“ Palmen, wie überhaupt alle Pflanzen an derartigen Standorten mit längeren Trockenperioden bedürfen aber, falls sie ihr Leben fristen wollen, in ihren Assimilationsorganen besonderer Schutzvorrichtungen gegen übermäßige Transpiration. Entbehren sie jeglichen Transpirationsschutzes, so ist der Wasserverlust durch Transpiration in den trockenen Perioden größer, als die Wurzeln trotz der Gegenwart hinreichender Bodenfeuchtigkeit zuzuführen vermögen, und die Pflanze muß verdursten. Von den nun tatsächlich vorhandenen Schutzeinrichtungen gegen die Gefahren einer übermäßigen Transpiration, den sogenannten xerophytischen Merkmalen, will ich an dieser Stelle diejenigen zur Sprache bringen, die bei meinen Untersuchungen an Palmenblättern zutage traten.

An erster Stelle erwähne ich das Hautgewebe. Wird schon durch eine Verdickung der Epidermisaußenwand an sich die Verdunstung etwas verzögert, so geschieht dies in ganz besonders hohem Maße durch Cutinisierungen und zwar wegen der geringen Permeabilität des Korkes für Wasser. Die Verkorkung bleibt nun keineswegs immer auf die Außenwand beschränkt, sondern ergreift auch die übrigen Wände der Epidermiszellen und in extremen Fällen selbst auch sämtliche Wände der subepidermalen, farblosen Schicht. Mit dem Vorhandensein einer dicken Außenwand ist zugleich über den Spaltöffnungen ein Krater und somit ein windstiller Raum geschaffen, dessen Bedeutung natürlich gleichfalls in der Herabsetzung der Transpiration besteht. Demselben Zwecke dient auch die Einsenkung der Spaltöffnungen. In gleichem Sinne wie Korksubstanz wirkt Wachs. In gewissen Fällen ist die ganze Epidermisaußenwand von einer mehr oder minder dicken Wachsschicht überzogen, in anderen dagegen ist nur der Krater über den Spaltöffnungen mit körnigem Wachs angefüllt. Ob und inwiefern die bei manchen Palmen vorkommenden Emergenzen mit der Transpiration in Beziehung stehen, mag dahingestellt bleiben.

Ferner kann an dem Durchlüftungssystem der xerophytische Charakter zum Ausdruck kommen, indem es sich zu einem engen Kanalnetz reduziert, während in anderem Falle, so in den Blättern mit typischem Schwammgewebe, die Interstitien zu bedeutender Ausbildung gelangen. Auch ist bei xerophytisch gebauten Arten das Mesophyll oft etwas dickwandiger und kleinzelliger, als bei denjenigen, die günstige Standorte bewohnen.

Als ein nicht zu unterschätzendes xerophytisches Merkmal hat sich endlich ein gut ausgebildetes peripherisches Skelett erwiesen. Falls dieses an ein Hautgewebe grenzt, dessen sämtliche Wände verkorkt sind, dient es selbstverständlich, wenn vielleicht auch nur in geringem Grade zur Herabsetzung der Verdunstung und zwar um so mehr, je kleiner die Lücken in dem Skelettmantel sind und je dicker der letztere ist. Seine mechanische Bedeutung aber ist weit größer. Indem es nämlich zur Erhaltung der Querschnittform dient, verhindert es das Schrumpfen, falls die Transpiration ein gewisses Maß überschreiten sollte. Das ist die Funktion und

die nicht zu unterschätzende Bedeutung des subepidermalen Skelettgewebes als xerophytisches Merkmal; denn ein vollständiges Schrumpfen der assimilierenden Organe würde das Ende der Pflanze bedeuten.

Zum Schlusse erwähne ich anhangsweise noch das subepidermale Wassergewebe. Es findet sich zwar in größerer oder geringerer Ausbildung bei allen untersuchten xerophil gebauten Palmen, ist aber trotzdem, wie wir gleich sehen werden, keineswegs als xerophytisches Merkmal aufzufassen. Es hat augenscheinlich während der kurzen heißesten Tageszeit den Bedarf der assimilierenden Schichten zu decken, wenn trotz des Vorhandenseins die Verdunstung herabsetzender Einrichtungen der Wasserverlust durch Transpiration zu groß werden sollte.

Palmen, die Gegenden ohne längere Trockenperioden bewohnen, bedürfen der erwähnten xerophilen Eigenschaften nicht. Sie sind höchstens während der kurzen heißesten Tageszeit solchem Transpirationsgrad ausgesetzt, dem noch durch volle Inanspruchnahme eines Wasserreservoirs begegnet werden kann. Dieses ist denn auch tatsächlich bei den betreffenden, hygrophilen Palmen vorhanden und zwar gleichfalls in Form eines peripherischen Wassergewebes. Ähnliche klimatische Verhältnisse haben wir selbst in unseren Breiten. Zur Mittagszeit heißer Sommertage ist die Wasserabgabe mittels Transpiration größer als die Zufuhr durch die Wurzeln. Ein Wasserreservoir, das die Differenz, also den absoluten Verlust auf seine Kosten übernehmen könnte, ist bei unseren einheimischen Gewächsen nicht vorhanden. Sie vermögen den Wassermangel bis zu einem gewissen Grade zu ertragen. Erreicht aber die Transpiration einmal eine außergewöhnliche Stärke, so nimmt die Turgescenz der Gewebe der Blätter erfahrungsgemäß so stark ab, daß sie schlaff herabhängen, welken und sogar unter Umständen ihre Lebenstätigkeit einbüßen.

Aus vorstehendem geht zur Genüge hervor, daß das Wassergewebe kein xerophytisches Merkmal ist. Es findet sich nämlich einmal nicht nur bei xerophilen, sondern auch bei hygrophilen Palmen und vermag zum andern täglich nur so lange Dienste zu leisten, als der Wasservorrat reicht, während die Funktion eines xerophytischen Merkmals zeitlich unbegrenzt ist.

Palmen nun, die gemäß ihrer natürlichen Standortverhältnisse zu keiner Zeit ein beträchtliches überschreiten einer gewissen Transpirationsgröße zu fürchten haben, fehlt mitunter außer den xerophytischen Merkmalen selbst das Wassergewebe (*Pinanga Kuhlii*). Es tritt sogar der Fall ein, daß umgekehrt die Transpiration von dem Wurzeldruck so sehr übertroffen wird, daß Sicherheitsventile, Wasser secernierende Organe, Hydathoden (Fig. 14) erforderlich werden (*Pinanga Kuhlii*), sofern kein Wasser in die Interzellularen gepreßt werden soll, wo es ohne Zweifel schädliche Wirkungen verursachen würde.

Nach diesem allgemeinen Teil wende ich mich zum speziellen und beginne mit den Fächerpalmen, auf die ich dann die Palmen mit gefiedertem Blatte folgen lasse.

Bei der Wahl der zur Darstellung gekommenen Gattungen resp. Arten waren mir drei Gesichtspunkte maßgebend. Vor allen Dingen berücksichtigte ich nicht nur stark xerophil und ausgeprägt hygrophil gebaute Palmen, sondern auch solche mit mittelmäßigem Transpirationsschutz. Zum andern sind möglichst viele Blattformen herangezogen worden. Drittens habe ich nicht nur aus jeder Unterfamilie, sondern sogar aus jedem Tribus (ausgenommen *Lepidocaryinae-Metroxyleae*) einen oder mehrere Vertreter gewählt und noch dazu derart, daß die untersuchten Gattungen auf zehn von den vorhandenen fünfzehn Untertribus entfallen.

II. Spezieller Teil.

a. Fächerpalmen.

1. *Sabal umbraculifera* Mart.

Diese Palme mit etwa achtzig Fuß hohem Stamm bewohnt die Antillen. Letztere wie überhaupt die westindischen Inseln liegen in einer Zugstraße von Cyklonen und haben ein ausgesprochen tropisches Klima. Auf eine Regenzeit folgt eine längere Trockenperiode. Welche Eigentümlichkeiten im anatomischen Blattbau unserer Palme diese in den Stand setzen, die regenlosen Zeiten überdauern und den Stürmen widerstehen zu können, soll in folgender Beschreibung der Blattanatomie an zugehöriger Stelle zum Ausdruck kommen.

Die riesige, von einem gewaltigen Petiolus getragene, gleichmäßig gefächerte Spreite besitzt induplizierte Strahlen, so daß jede untere Hauptrippe (Fig. 1) als Mittelrippe eines Strahles fungiert. Da die in den Oberkanten erfolgten Hauptteilungen verhältnismäßig nicht übermäßig tief reichen, so sind auch die oberen Hauptrippen ziemlich lang. Sie und die unteren Hauptrippen (Strahlmittelrippen) sind außer der relativ langen Rhachis die Hauptträger der gewaltigen Spreite. Die kräftigen Belege der zahlreichen zerstreuliegenden Leitbündel (m) und die isolierten, peripherisch gelegenen Skelettstränge verleihen ihnen eine enorme Leistungsfähigkeit. Eine besondere Mächtigkeit erlangt auch das Schwellgewebe (s) in den Winkeln der unteren (Fig. 1) und oberen Hauptrippen.

Die Lamina zeigt isolateralen Bau. Die Epidermiszellen erscheinen am Flächenschnitt als kleine polygonale Zellen, deren Wände verhältnismäßig derb und ungetüpfelt sind. Querschnitte lehren, daß die Höhe dieser Zellen noch weit geringer ist, als irgend eine der übrigen Ausdehnungen. Eine ganz besonders starke Verdickung hat die Außenwand erfahren; sie übersteigt bei weitem die Höhe des zugehörigen Lumens. Unter der Epidermis befindet sich eine relativ niedrige Wassergewebeschiebt, durchschnittlich aus fast isodiametrischen Zellen bestehend. Doch ist deren Höhe

durchweg kleiner als die Länge und Breite, und in vielen Fällen übersteigt eine der beiden letztgenannten Ausdehnungen die andere. Diejenigen Zellen, bei denen die Breite die Länge mehr oder weniger übertrifft, finden sich über den noch zu besprechenden subepidermalen Bastrippen. Die Wände der Wassergewebezellen sind ebenso dick, als die Radial- und Querwände der Epidermiszellen und wie diese gleichfalls ohne Poren.

Sämtliche Wände der Epidermis- sowie der Wassergewebezellen sind bis auf eine das Zelllumen auskleidende dünne Schicht cutinisiert, und damit ist die Gefahr einer zu starken Transpiration in ausgiebiger Weise vermieden. Die auf Ober- und Unterseite in großer Anzahl vorhandenen Stomata sind sehr klein. Dieselben besitzen zwei Nebenzellen, und ihre Spalte stellt sich parallel der Längs-

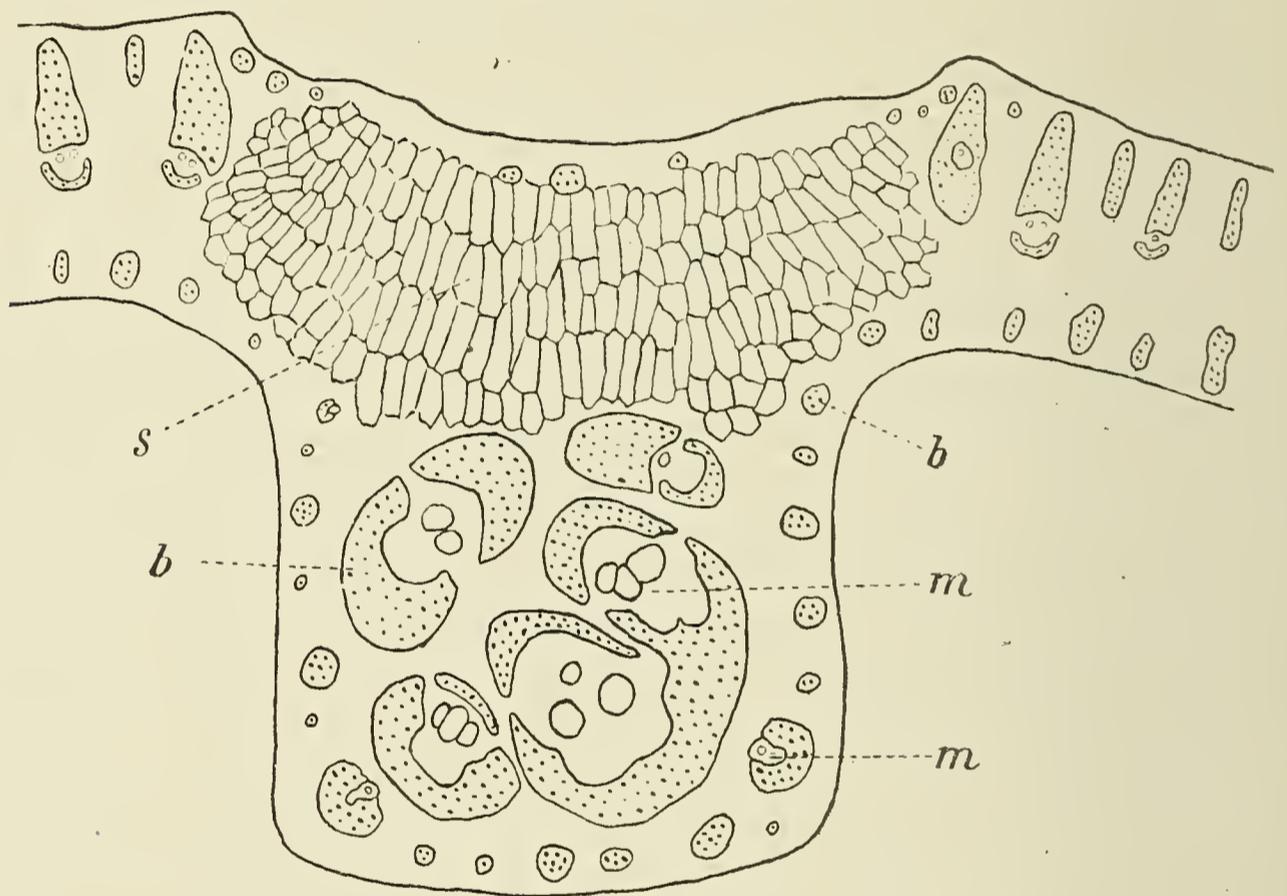


Fig. 1.

Querschnittsbild der Mittelrippe eines Fächerstrahles von *Sabal umbraculifera* (Exemplar vom natürlichen Standort). — m Mestom. b Bast. s Schwelligewebe.

achse des Blattes: zwei Eigenschaften, die bei den Spaltöffnungen aller andern Palmen wiederkehren. Die Schließzellen liegen zwar nur wenig unter dem Niveau der Epidermiszellen, aber dennoch ist über der Mündung des Stomakanales zwecks Herabsetzung der Transpiration ein windstiller Raum geschaffen. Wegen der enormen Verdickung der Epidermiszellenaußenwand liegen nämlich die Spaltöffnungen weit unter dem Niveau der Blattoberfläche (ähnlich wie Fig. 3a zeigt). Der so entstandene Krater ist, um der betreffenden Gefahr noch mehr vorzubeugen, mit körnigem, wegen der dazwischen gelagerten Luft schwarzbraun erscheinendem Wachs angefüllt. Als dem Hautgewebe angehörende Bildungen erwähne ich an dieser Stelle noch die von Pfister (l. c. p. 7) als Hautwarzen bezeichneten Gebilde, die sich sowohl an der Rhachis, als auch an den Hauptrippen finden.

Verleiht schon die äußerst dicke Epidermisaußenwand, vor allen Dingen aber die vollständige Cutinisierung sämtlicher Wände des zweischichtigen Hautgewebes, sowie das Vorhandensein eines tiefen, mit körnigem Wachs erfüllten Kraters über den Spaltöffnungen dem Blatte ein stark xerophiles Gepräge, so hat der Standort nicht minder dem Assimilations- und Skelettgewebe seinen Stempel aufgedrückt. Die beiden letzteren streiten sich bekanntlich aus Zweckmäßigkeitsgründen um den peripherischen Raum im Blatte. In denselben haben sich wie gewöhnlich, so auch in dem vorliegenden Falle beide geteilt.

Das verhältnismäßig kleinzellige, raphidenfreie Assimilationsgewebe besteht ganz im Einklange mit der intensiven Insolation zu beiden Seiten aus mehreren Palisadenschichten, die nach innen allmählich in ein an Chlorophyll ärmeres Gewebe übergehen, dessen Zellen mit schwach verdickten Wandungen im allgemeinen isodiametrisch sind, während die dünnwandigen Palisaden am Flächenschnitt Kreise darstellen und sich somit als zylinderförmige Zellen erweisen. Indem die Interstitien fast überall verhältnismäßig klein sind, ist das Durchlüftungssystem zwecks Herabsetzung der Transpiration auf ein Minimum reduziert und besitzt das Mesophyll ein relativ festes Gefüge. An Längs- und Querschnitten zeigen die langen aneinander liegenden Wände zweier benachbarter Palisaden, namentlich der ersten Schicht unter den Spaltöffnungen einige kreisrunde Interstitien, so daß zwei benachbarte Zellen derselben Schicht mehr als eine Berührungsfläche miteinander gemein haben. Diese runden Gänge erinnern bis zu gewissem Grade an die sogenannten Ringkanäle. Alle übrigen Mesophyllzellen, namentlich die etwas dickwandigeren, isodiametrischen des Innern, sind stark getüpfelt.

Das Skelett besteht der Hauptsache nach aus zahlreichen, sehr weit ins Innere vorspringenden, subepidermalen Bastrippen, von denen diejenigen der Oberseite die größte Höhe erreichen. An diese lehnen sich die Mestombündel an, so daß die subepidermalen Bastrippen der Oberseite als Hadrombelege dienen. So erklärt es sich, daß die meisten Leitbündel der hohen Rippen wegen zwar fast, aber nicht ganz genau in der Mitte des Blattquerschnittes liegen. Genau in der Mittelebene finden sich ausnahmslos die großen Bündel, von denen jedes den ganzen Raum zwischen zwei genau opponiert gestellten Bastrippen einnimmt und so als Füllgewebe des so entstandenen I-Trägers dient. Die Gurtungen dieser durchgehenden Träger haben aber mehr oder weniger die Form eines hohen Holzbalkens verlassen und diejenige sichelförmiger Belege angenommen. Als Füllungen von I-Trägern fungieren aber auch die erstgenannten kleinen Bündel (von denen nur die wenigen größeren genau in der Mitte des Mesophylls liegen), indem auch sie Leptombelege besitzen. Da diese nur zwei- oder dreischichtig sind und überdies nur wenig unterhalb der Mitte des Blattquerschnittes liegen, so haben sie augenscheinlich hauptsächlich den Zweck lokalmechanischen Schutzes. An Flächenschnitten zeigen viele Poren der Bastfasern in jeder Wand je eine Erweiterung, so daß jeder

Tüpfelkanal von dem Lumen einer bis zu dem einer benachbarten Zelle zwei blasenförmige Erweiterungen besitzt.

Das Leptom der großen Mestombündel hat Sichelform. Die Spitzen, die also seitlich vom Hadrom liegen, sind durch dickwandiges Parenchym von dem Hauptleptomteil getrennt. Gleiche, vielfach aber bedeutend schwächere Elemente finden sich auf der Grenze von Hadrom und Leptom, jedoch sind sie zwischen Hadrom und den seitlich gelegenen kleinen Leptomgruppen oft bis zum Verschwinden reduziert. Auch zeigen sich bei vielen kleinen Bündeln, etwa auf der Grenze von Hadrom und Leptom, Züge dickwandiger Parenchymzellen.

Parenchymscheidenzellen finden sich bei großen Leitbündeln nur an den Flanken, aber nicht nur in der Region der Zugänge, sondern sie erstrecken sich noch ziemlich weit über die Arme der sichelförmigen Belege. Bei kleinen Bündeln umgibt die Parenchymseide vollständig den wenigsschichtigen Leptombelag und ist nur über dem Hadrom geöffnet. Doch auch hier greift die Scheide eine nicht geringe Strecke weit über den Belag, die subepidermale Bastrippe. Die Scheidenzellen heben sich sowohl am Querschnitt, als auch am Längs- und Flächenschnitt nicht nur durch ihre Form und Größe, sondern auch durch den gänzlichen Mangel an Chlorophyll sehr deutlich von dem angrenzenden Gewebe ab. An dem untersuchten Alkoholmaterial fallen sie selbst dem ungeübten Auge schon auf durch die braune Färbung ihres Inhalts. Die Scheide besteht zum großen Teil aus Zellpaaren, von denen jedes durch sekundäre Teilung aus der noch deutlich erkennbaren Mutterzelle hervorgegangen ist. Die sekundäre, meistens radial zum Bündel gerichtete Wand ist aber hier wegen der intensiven Färbung lange nicht so gut zu beobachten, als beim Treibhausexemplar.

Die Beschreibung hat gezeigt, daß die gewaltige Spreite in dem Skelett der Hauptrippen wie der Lamina ein sehr biegungsfestes Gerüst besitzt. Es ist daher begreiflich, daß die Spreite imstande ist, nicht nur ihr Eigengewicht zu tragen, sondern auch bei starkem Winde, der doch rechtwinklig zur Spreite die größte Angriffsfläche findet, dem Einknicken kräftig zu widerstehen. Die nötige Festigkeit gegen das mechanische Zerschlitzen in der Richtung der Längsachse des Blattes gewähren die sehr zahlreichen, fast ausschließlich aus Bast bestehenden Queranastomosen. Sicherheit gegen das seitliche Einreißen ist dadurch erzielt, daß der Rand eine Strecke weit stark verdickt ist und einem breiten Kleidessaume gleicht (ähnlich wie Fig. 2 zeigt). Damit dieser auch die gehörige Festigkeit erlangt, stehen die Träger am Rande viel gedrängter und sind überdies hier weit kräftiger als anderswo in der Lamina.

Es gelangte auch ein Treibhausexemplar zur Untersuchung. Im Treibhaus findet die Pflanze ganz andere Lebensbedingungen, als in der freien Natur ihrer Heimat. Es fehlt der versengende Sonnenbrand und der die Verdunstung beschleunigende und zugleich das Blatt mechanisch in Anspruch nehmende Wind; vor allen Dingen aber treten keine Trockenperioden ein: es wird vielmehr

das ganze Jahr hindurch für gleichmäßige Temperatur und Feuchtigkeit gesorgt. Die Gefahr einer übermäßigen Transpiration und des damit Hand in Hand gehenden zu starken Schrumpfens der Blätter ist also ausgeschlossen. Damit sind die erwähnten xerophytischen Merkmale als überflüssig zu erachten. Da andererseits jedoch Vererbung zu erwarten ist, so ist es interessant zu wissen, ob und in welchem Grade die Blätter unserer Palme auf die veränderten Lebensbedingungen reagieren. Zu diesem Zwecke lasse ich hier einen Vergleich der Blattanatomie des Treibhausexemplares mit der oben beschriebenen Blattanatomie des Exemplares vom natürlichen Standort folgen.

Die betreffende Palme hat viele Jahre in demselben Treibhause gestanden und ist zu einem hohen Baume herangewachsen. Zur Untersuchung wählte ich die ältesten, vollständig ausgewachsenen Blätter. Die Dicke des Blattes, sowie diejenige sämtlicher, verkorkter Epidermiszellwände ist beim Treibhausexemplar merklich geringer als beim Tropenexemplar, und somit liegen zugleich die Stomata weniger tief unter dem Niveau der Blattoberfläche. Sehr stark reduziert aber sind die Skelettstränge, die Leptombelege bei manchen kleinen Bündeln z. B. bis zum Verschwinden. Überdies sind die einzelnen Bastfasern weitlumiger. Die Zahl der Palisadenschichten ist geringer: jedenfalls eine Folge der schwächeren Beleuchtung. Das innere, aus isodiametrischen Zellen bestehende, an Chlorophyll ärmere Gewebe dagegen ist ein wenig umfangreicher, da sowohl die Anzahl der betreffenden Zellschichten, als auch die Größe der Interzellularen gewachsen ist.

2. *Sabal Adansonii* Guerns.

ist eine häufige Zwergpalme in Florida und Carolina. Der Südosten Nordamerikas hat trotz der Meeresnähe und der Nähe der warmen Golfströmung bekanntlich ein kontinentales Klima, heiße Sommer und strenge Winter alternieren miteinander. Die Wärmezunahme nach Süden erfolgt sehr rasch. Das südliche Florida, obgleich noch nördlich vom Wendekreis, ist in Bezug auf seine Wärmeverhältnisse schon ganz tropisch. Im südöstlichen Teile Nordamerikas herrschen im allgemeinen die Niederschläge des Sommerhalbjahres weitaus vor: es ist ein Gebiet der Sommerregen. An der atlantischen Küste nehmen nach Süden hin die Sommerregen zu und die Winterniederschläge ab, so daß im äußersten Süden, in Florida, auch die Regenverteilung einen tropischen Charakter annimmt. Zwar kann von eigentlichen Trockenperioden nicht die Rede sein; immerhin aber erheischt das kontinentale Klima bei den Pflanzen einen ausgiebigen Transpirationsschutz, zumal die stark vorherrschenden Nordwestwinde, die die Verdunstung noch wesentlich beschleunigen, von ziemlicher Heftigkeit sind.

Ob und inwieweit die Blätter dieser Palme in ihrem anatomischen Bau den Standortverhältnissen entsprechen, mag nachstehende Beschreibung zeigen.

Was die Morphologie des Blattes anbelangt, gilt hier dasselbe, was ich schon bei *Sabal umbraculifera* ausgeführt habe. Nur ist das Blatt außerordentlich viel kleiner und hat überdies eine geringere Dicke. Da beide Arten derselben Gattung angehören, zeigen sie in der Anatomie große Ähnlichkeit. Von den Unterschieden, die jetzt zur Darstellung kommen sollen, sind einige unzweifelhaft Artmerkmale, andere dagegen bringen die verschiedenen Standortsbedingungen mehr oder weniger zum Ausdruck.

Die Epidermisaußenwand ist nahezu so dick, wie die von *Sabal umbraculifera*. Die übrigen Wände der Epidermis, sowie die des Wassergewebes sind dünner, vor allen Dingen die ersteren. Die Anzahl der Palisadenschichten ist geringer, während das Schwammparenchym an Masse ein wenig gewinnt. Das ganze Skelett ist bedeutend schwächer, indem einmal die Querschnittfläche der einzelnen Baststränge kleiner und die Anzahl und Stärke der Queranastomosen geringer ist. Zum andern springen die subepidermalen Bastrippen nicht im geringsten so weit nach innen vor, als bei *Sabal umbraculifera*. Sie zeigen im Gegenteil, namentlich an der Unterseite, das Bestreben, sich abzurunden. Während bei *Sabal umbraculifera* an der Oberseite nur sehr wenige solcher Bastrippen vorhanden sind, an die sich keine Gefäßbündel lehnen, ist bei *Sabal Adansonii* etwa die Hälfte bündelfrei. Sekundäre Teilungswände in den Parenchymscheidenzellen der Leitbündel habe ich nicht beobachten können.

Die Zerklüftung des Leptoms der großen Bündel ist hier viel deutlicher ausgeprägt als bei voriger Palme. Das Hadrom ist nicht nur von dem Hauptleptom, sondern auch von den seitlich zu ersterem gelegenen kleinen Leptomgruppen deutlich durch eine Lamella dickwandigen Parenchyms geschieden. Die Parenchymlamellen, die die kleinen Leptomgruppen von dem Hauptleptomteil trennen, erreichen eine außergewöhnliche Stärke, indem sie sehr oft vier Zellschichten zeigen. Das Hauptleptom ist stark abgerundet und hat die Form einer Ellipse.

Die soeben beschriebene Zerklüftung des Leptoms kehrt bei den meisten kleinen Bündeln wieder im Gegensatz zu *Sabal umbraculifera*. Die Kleinheit des Querschnittes aber bedingt es, daß die seitlich gelegenen Leptomgruppen so nahe aneinander rücken, daß sie nur noch durch eine rechtwinklig zur Blattfläche gerichtete starke Lamelle dickwandigen Parenchyms geschieden sind. Danach stellt das Lamellensystem im Mestombündel im ganzen und großen ein liegendes H (\equiv) dar. In vielen Fällen erscheint jedoch die betreffende Lamelle im Querschnitt so stark verkürzt, daß ein liegendes K (\bowtie) zustande kommt. Das Hauptleptom ist oft nicht größer als die beiden seitlich gelegenen Gruppen. Eine mehr oder weniger gut ausgebildete Schicht dickwandigen Parenchyms zwischen Hadrom und Leptom findet sich selbst bei den kleinsten Bündeln, bei denen die weiteren Parenchymlamellen fehlen.

Im übrigen zeigt *Sabal Adansonii* im anatomischen Blattbau keine nennenswerte Abweichungen von der vorigen Art. So ist

vor allen Dingen auch der Transpirationsschutz am Hautgewebe in gleicher Weise und in fast derselben Stärke vorhanden.

Wie bei *Sabal umbraculifera*, so zog ich auch hier ein Treibhausexemplar zum Vergleich heran, um namentlich zu sehen, inwieweit *Sabal Adansonii* im anatomischen Bau ihrer Blätter auf die veränderten Lebensbedingungen reagiert. Es ergab sich dann ein ganz ähnliches Resultat wie bei der vorigen Species.

3. *Sabal Palmetto* R. et S.

ist in Nordamerika der nördlichste schöne Palmbaum von etwa dreißig bis vierzig Fuß Höhe. Er findet sich am häufigsten an der Seeküste von Carolina und Georgia und lebt somit im ganzen und großen unter denselben klimatischen Verhältnissen wie *Sabal Adansonii*. Daß auch sie ihren Lebensbedingungen angepaßt ist, wird ihre Blattanatomie lehren.

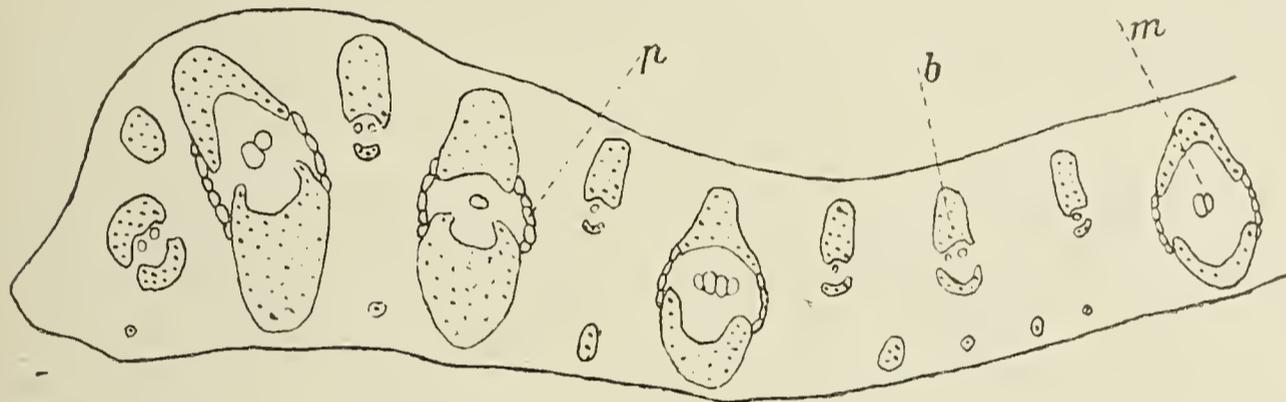


Fig. 2.

Querschnitt des Fächerstrahlenrandes von *Sabal Palmetto* (Exemplar vom natürlichen Standort). — m Mestom. b Bast. p Parenchymgewebe.

Die Spreite des Blattes, das ebenfalls bedeutend kleiner ist als dasjenige von *Sabal umbraculifera*, ist erheblich dünner als diejenige der beiden vorigen Arten. Nichtsdestoweniger ist die Außenwand der Epidermis fast ebenso stark. Bezüglich der Dicke der übrigen Epidermiswände und der der Wände des Wassergewebes, sowie hinsichtlich der Form der subepidermalen Bastrippen zeigt das Blatt große Ähnlichkeit mit dem von *Sabal Adansonii*. Doch ist im Gegensatz zu dieser Art durchschnittlich die weitaus größte Mehrzahl der an der Oberseite gelegenen subepidermalen Bastrippen von Mestombündeln begleitet, ähnlich wie bei *Sabal umbraculifera*. Im Verhältnis zu seiner Dicke ist das Blatt ebenso reich an Bastmassen wie das von *Sabal Adansonii*. So hat auch der Rand (Fig. 2) der Fächerstrahlen eine enorme Verstärkung erfahren, ähnlich wie bei den vorigen Arten. Bezüglich der Zerklüftung des Leptoms gleichen die Leitbündel, namentlich die kleinen, denjenigen von *Sabal umbraculifera*. Das Schwammgewebe nimmt im Vergleich zu den Palisaden weniger Raum ein als bei *Sabal Adansonii*. Der Transpirationsschutz ist im allgemeinen in gleicher Art und Ausbildung vorhanden wie bei *Sabal Adansonii*. So befindet sich beispielsweise über den Spaltöffnungen (Fig. 3a) ein

tiefer Krater, auch hier bedingt durch die enorme Verdickung der Epidermisaußenwand.

Die Blätter des Treibhausexemplares sind zwar ebenso dick, aber, wie die Anatomie lehrt, im einzelnen lange nicht so derb gebaut, wie die des soeben behandelten Exemplares vom natürlichen Standort. Die Bastfasern sind weitleumiger und die Skelettstränge durchgehends etwas dünner. Weit schwächer aber ist die Außenwand der Epidermis, so daß ein eigentlicher Krater über den Spaltöffnungen (Fig. 3 β .) fehlt. Unter Verminderung des Palisadengewebes, wahrscheinlich infolge der geringeren Beleuchtung hat das Schwammparenchym an Umfang zugenommen und somit das Interzellularsystem an Größe bedeutend gewonnen.

4. *Rhapis flabelliformis* Ait.

Das untersuchte Material stammt aus Hongkong. Hier herrscht in den Sommermonaten während des Südwestmonsuns eine drückende

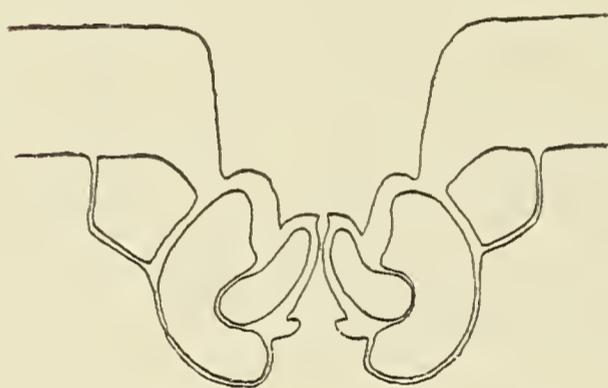


Fig. 3a.

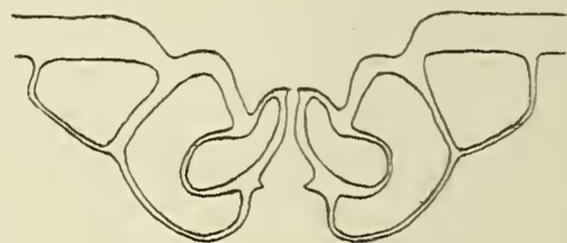


Fig. 3 β .

Spaltöffnungsapparat im Querschnitt eines Blattes von *Sabal Palmetto* a vom Tropenexemplar, β vom Treibhausexemplar.

Hitze, verbunden mit ziemlich großer Luftfeuchtigkeit. In der kälteren Jahreszeit dagegen bringt der Nordostmonsun eine große Trockenheit. Diese Lebensbedingungen spiegeln sich im anatomischen Bau des Blattes unserer Palme bis zu einem gewissen Grade wieder, wie aus folgender Darstellung zu entnehmen ist.

Der Blattfächer ist nur klein mit tiefen Spaltungen, so daß die Fächerstrahlen verhältnismäßig lang sind. Der Trennungsprozeß erfolgte weder in den oberen, noch in den unteren Kanten, sondern jedesmal zwischen einer oberen und einer unteren Kante und zwar derart, daß nach Wendland (l. c. p. 150) jedes Segment bei der Gattung *Rhapis* von einem bis drei oberen und ebensoviel unteren Hauptrippen durchzogen wird. Nach Drude (Drude I. p. 33) sind meistens zwei Paare von Hauptrippen in jedem Strahl vorhanden. Dementgegen kommen nach Naumann (l. c. Taf. V, Fig. 22) auch Fächerstrahlen vor, die eine ungerade Zahl von Hauptrippen führen (nach der Figur eine obere und zwei untere). Da die Anzahl der Hauptrippen der einzelnen Segmente unter allen Umständen variabel ist, so gehört *Rhapis flabelliformis* zu den Palmen mit unregelmäßig gefächerten Blättern.

Der Trennungsprozeß findet nach Naumann (l. c. p. 241) und Deingea (l. c. p. 493) in einem sehr frühen Entwicklungsstadium statt. Da zu solcher Zeit die Spreite noch ganz meristematisch ist und die Zellen noch nicht zu den verschiedenen Geweben differenziert sind, so ist das Vorhandensein einer normalen geschlossenen Epidermis am Strahlenrande des fertigen Blattes erklärlich. Derselbe Umstand macht es verständlich, daß sich die am Rande in großer Anzahl vorhandenen Zähnchen entwickeln konnten. Die Behauptung Naumanns (l. c. p. 230), daß die Gefäßbündelanastomosen gewöhnlich in diesen Zähnchen endigen, ist durchaus unhaltbar. Die großen Anastomosen sieht man schon sehr deutlich mit bloßem Auge, mit der Lupe auch die kleinen, und es ist daher leicht zu beobachten, daß verhältnismäßig nur sehr wenige nach den Zähnchen verlaufen. Aber auch diese erstrecken sich keineswegs in die Zähnchen hinein, wie Flächen-schnitte lehren; sie enden vielmehr vor denselben. Die Zähnchen bestehen aus Parenchym mit dicken und porenreichen Wänden. Die Außenwand über den Zähnchen ist derber als in der Blattfläche. Derartige Zähnchen von ganz ähnlichem Bau finden sich auch und zwar ebenfalls in nicht geringer Anzahl an dem vorspringenden Teil sämtlicher Hauptrippen.

Untere sowohl wie obere Hauptrippen führen nur ein, und zwar ein großes Gefäßbündel, dessen dreiteiliges Leptom das Hadrom ziemlich weit umgreift. Noch mehr: das Leptom zeigt (auch bei manchen Bündeln der Lamina) die Tendenz, sich auf die Seiten des Hadroms zu drängen, indem dieses sich weit vorschiebt und sich dem Leptombelag stark nähert. Die Belege sind durchschnittlich von mittlerer Stärke. Das Schwellgewebe ist mächtig entwickelt, namentlich in dem Winkel der oberen Hauptrippen, wo es aus vier Schichten palisadenartiger Zellen besteht, während im Winkel der unteren Hauptrippen sich deren nur zwei befinden.

Zur Anatomie der Lamina übergehend beginne ich mit der Beschreibung des Hautgewebes. Die Epidermiszellen sind recht lang, aber von sehr geringer Höhe, die etwa der halben, schon geringen Breite gleich ist. Die recht derben und tüpfelfreien Radial- und Querwände zeigen am Flächenschnitt, nicht aber am Querschnitt, eine starke Wellung, die zur lokalen Festigung dient, weil durch sie die Ansatzfläche der Radial- und Querwände an die Tangentialwände wesentlich vergrößert wird. Alles dies gilt von den Epidermiszellen der Unterseite in höherem Maße, als von denen der Oberseite. Dicker als die genannten Wände ist die Außenwand, namentlich die der Oberseite. Sämtliche Wände der Epidermis sind bis auf eine das Zelllumen auskleidende Schicht cutinisiert. Damit ist ein während der Trockenzeit durchaus erforderlicher guter Transpirationsschutz gegeben. Überdies schmiegt sich zwecks Aussteifung der Epidermis dieser eine einschichtige Bastlage an, die nicht nur zur Erhöhung der Biegefestigkeit beiträgt, sondern auch, wenn auch nur in geringem Grade, die Verdunstung verzögert. Die Bastlage ist an der Oberseite in wechselnden Abständen unterbrochen. Die so entstandenen Lücken sind nur klein

und werden meistens von einer, in einzelnen Fällen von zwei Wassergewebezellen ausgefüllt, die im Querschnitt etwa so groß erscheinen wie eine Bastfaser, so daß sie die hier fehlenden Skelettelemente morphologisch vertreten. Die genannten Lücken werden größer über den oberen Hauptrippen, viel größer aber an der Unterseite der Lamina, so daß man hier besser von Bastrippen spricht. Über den unteren Hauptrippen dieser Seite fehlen die Skelettelemente sogar vollständig. Über dem Schwellgewebe der oberen und unteren Hauptrippen verlassen die Bastgruppen ihre subepidermale Lage, indem sie dasselbe in wechselnden Abständen im ganzen und großen auf der Grenze der ersten und zweiten Schicht durchziehen.

Von einem Wassergewebe kann nach obigen Ausführungen nur in den Unterbrechungsstellen des subepidermalen Skelettmantels die Rede sein. Dasselbe ist einschichtig und besteht, wie schon erwähnt, aus nur winzigen Zellen. In den genannten Lücken, also in deutlichen Längslinien angeordnet, finden sich auch die Spaltöffnungen, natürlich nur an der Blattunterseite, da sie größere Lücken verlangen, als an der Oberseite vorhanden sind. Sie sind nicht eingesenkt und schließen ihren Vor- und Hinterhof mit starken äußeren und schwächeren inneren Cuticularhörnchen ab. An der Unterseite der Lamina zeigen sich außerdem mehrzellige Haare, deren dicke Innenwände stark getüpfelt sind. Über den Charakter des Mesophylls, in dem Raphiden ziemlich häufig auftreten, kann ich leider nichts mitteilen, da das mir zur Verfügung stehende Herbarmaterial für eine nähere Untersuchung dieses Gewebes nicht geeignet war.

Die meisten Leitbündel der Lamina haben durchgehends nur einen ein- bis zweischichtigen Leptombelag. Ein auch nur schwacher Hadrombelag findet sich nur bei den größeren Bündeln, bei denen dann der Leptombelag etwas stärker wird. Sämtliche Bündel mit ihren Belegen, selbst die größten sind von dem Wassergewebe beziehentlich den subepidermalen Skelettelementen beider Seiten durch grüne Zellen getrennt.

Verleihen die beschriebenen Hauptrippen und die festgefügte, durch den Bastmantel ausgesteifte Epidermis dem Blatte die nötige Biegungsfestigkeit, so sind es die bereits erwähnten zahlreichen, fast ausschließlich aus Bast bestehenden Queranastomosen, welche die Lamina in sehr hohem Grade gegen das Zerschlitzen parallel der Längsachse schützen. Gegen das Einreißen in der Richtung der Querachse sind die Fächerstrahlen jedoch nur insofern gesichert, als die Epidermisaußenwand am Rande stärker verdickt ist, die Lücken im Skelettmantel hier seltener sind oder sogar fehlen und die Bastschicht sich stellenweise verdoppelt.

Das Treibhausexemplar zeigt im wesentlichen nur insofern eine nennenswerte Abweichung von dem Tropenexemplar, als sämtliche Wände der Epidermis dort etwas dünner und die Innenwände der letzteren nicht cutinisiert sind. Da ich über das Mesophyll des Tropenexemplares keine Angaben machen konnte, so mag über dasjenige des Treibhausexemplares eine kurze Bemerkung

gestattet sein. Die erste Mesophyllschicht der Oberseite ist etwas palisadenartig und reich an Chlorophyll, während das übrige, aus isodiametrischen Zellen bestehende Mesophyll sehr lakunös und chlorophyllärmer ist.

5. *Rhapidophyllum Hystrix* (Fras.) Wdl. et Dr.

Von dieser Palme stand mir nur Herbarmaterial von einem Treibhausexemplar zur Verfügung. Doch stehe ich nicht an, neben der Angabe einiger morphologischer Eigentümlichkeiten die Anatomie des Blattes zu veröffentlichen. Ich bemerke noch, daß *Rhapidophyllum Hystrix* wie *Sabal Adansonii* in Florida und Süd-Carolina zu Hause ist. Da Vererbung zu erwarten ist, so vermute ich, daß das Klima dieser ihrer Heimat und die Standortsverhältnisse ihrer Schwestern daselbst im anatomischen Bau auch des vorliegenden Exemplares sich widerspiegeln.

Rhapidophyllum Hystrix ist die einzige Art ihrer Gattung. Sie wurde früher zu *Chamaerops* gerechnet, unterscheidet sich aber trotz gewisser Ähnlichkeit wesentlich von den *Chamaerops*-Arten, so unter anderem durch die Entwicklung des Blattes. Dieser Entwicklungsunterschied macht sich auch am ausgebildeten Blatte bemerkbar durch die entschiedene Ähnlichkeit mit einem *Rhapis*-Blatte. Während es sich nämlich bei *Chamaerops* um eine regelmäßige Teilung handelt, die entlang den oberen Hauptrippen erfolgt und nicht sehr tief reicht, ist die Blattfläche von *Rhapidophyllum* wie bei *Rhapis* sehr tief, unregelmäßig und zwischen den Hauptrippen gespalten und zwar in sehr frühem Entwicklungsstadium (Naumann l. c. p. 231 und 241). Letzterer Umstand macht das Vorhandensein einer normalen Epidermis am Rande verständlich.

Bei der jetzt folgenden Besprechung der verschiedenen Gewebearten der Lamina nehme ich gelegentlich Bezug auf die Zeichnung von Drude (Drude I, p. 13, Fig. 12).

Die Epidermiszellen der Oberseite sind von geringer Höhe. Kaum nennenswert größer ist durchgehends die Breite. Die meisten Zellen sind mehr oder weniger deutlich gestreckt, während bei vielen jedoch die Breite nicht von der Länge übertroffen wird. Die Außenwand erreicht eine enorme Stärke, während die übrigen Wände nur mäßig verdickt sind und zahlreiche feine Poren besitzen. Im Querschnittsbilde wölbt sich die Außenwand in das Lumen der Epidermiszellen vor, so daß zu jeder Seite einer Radialwand ein spitzer Winkel entsteht. Dies hat Drude in seiner Zeichnung nicht zum Ausdruck gebracht. Die beiden konvergierenden Striche in der betreffenden Zeichnung, die von den der Außenwand anliegenden Winkeln einer Zelle weit in diese Wand hineinreichen, sind nach meinen Präparaten nicht zu verstehen.

Der Höhe der Epidermiszellen der Oberseite etwa gleich ist die Höhe und Breite derjenigen der Unterseite. Diese Zellen sind verhältnismäßig sehr lang. Während die mit zahlreichen feinen Poren versehenen Radial- und Querwände dünn sind, dünner als

die der Epidermiszellen der Oberseite, so ist die Außenwand relativ dick, aber immerhin weit dünner als die der Oberseite. An der Blattunterseite befinden sich ziemlich große Hautschuppen, die mit ihrer mittleren Partie angewachsen sind. Hin und wieder fand ich ähnliche oder mehr warzenartige Gebilde auch am Rande und an den Hauptrippen, ja selbst an der Oberseite einer oberen Hauptrippe.

Die Außen-, Radial- und zum Teil auch die Innenwände der Epidermiszellen beider Blattseiten sind bis auf eine das Lumen auskleidende dünne Schicht verkorkt, und die Außenwand besitzt einen krustenförmigen Wachsüberzug. Damit ist dem Blatte ein vortrefflicher Transpirationsschutz verliehen. Sollte dieser in den Stunden stärkster Transpiration nicht ausreichen, so wird während dieser Zeit das vorhandene subepidermale Wasserreservoir in Anspruch genommen. Die derbwandigen Zellen des einschichtigen Wassergewebes, die nirgends durch die noch zu besprechenden peripherischen Bastrippen verdrängt werden, sind größtenteils quergestreckt. Nur selten wird umgekehrt die Breite von der Länge übertroffen; häufiger jedoch sind Länge und Breite einander gleich. Die geringste Ausdehnung ist in jedem Falle die Höhe. Immerhin aber beträgt die Lumenhöhe etwa das Doppelte von derjenigen der Epidermiszellen. Obgleich die Wassergewebezellen beider Seiten in Größe, Dicke der Wände und auch im ganzen und großen bezüglich der Form einander ziemlich ähneln, so tritt im Querschnittsbilde das Wassergewebe an der Oberseite doch weit besser in die Erscheinung, als an der Unterseite.

Das Durchlüftungssystem trägt mehr hygrophilen Charakter. Die nur an der Unterseite in mäßiger Anzahl vorhandenen Spaltöffnungen sind kaum als eingesenkt zu bezeichnen und besitzen eine große innere Atemhöhle. Der größte Teil des raphidenfreien Mesophylls ist ziemlich lakunös. Ein typisches Palisadengewebe ist nicht ausgebildet, wenn auch viele Zellen der ersten drei Schichten der Oberseite in diesem Sinne etwas gestreckt sind. Es finden sich hier auch die schon bei den *Sabal*-Arten (p. 101) erwähnten, an Ringkanäle erinnernden runden Interzellulargänge.

Die kleinen Mestombündel haben über dem Hadrom Parenchym-scheidenzellen, über dem Leptom dagegen einen ein- bis zweischichtigen Bastbelag. Bei den großen Bündeln sind die Scheidenzellen auch über dem Hadrom durch Skelettelemente verdrängt, so daß nur noch ein kleiner Rest an den Flanken zurückbleibt. Während der Hadrombelag dieser großen Bündel fast stets an das Wassergewebe grenzt, das dann hier zweischichtig wird, erreicht der Leptombelag dasselbe nur in sehr seltenen Fällen, so zum Beispiel bei den großen randständigen Bündeln. Hat schon der Leptombelag in vielen Fällen mehr als lokale Bedeutung, so gilt dies namentlich von dem Hadrombelag, so daß nicht zu unterschätzende I-Träger zustande kommen. Während die Druckgurtung Sichelform hat, oft mit einem das Leptom in zwei Gruppen teilenden Fortsatz, nähert die Zuggurtung sich mehr oder weniger der Form eines hohen Balkens.

Die weitaus größte Skelettmasse repräsentieren die an der Oberseite befindlichen, hohen, subepidermalen Bastrippen. Sie sind bei dem von mir untersuchten Material im Verhältnis zum Blattquerschnitt bei weitem nicht so hoch, als Drude in seiner Zeichnung andeutet. Es liegt nahe, anzunehmen, daß Drude Material vom natürlichen Standort zur Untersuchung hatte. In diesem Falle wäre also auch hier eine gewisse Anpassung an extremere klimatische Faktoren zu konstatieren. Die genannten hohen Balken verlassen in der Nähe jeder unteren Hauptrippe allmählich ihre subepidermale Lage und durchsetzen in einem Bogen den unteren Teil des gut entwickelten Schwellgewebes, wo sie auffallenderweise eine enorme Mächtigkeit erlangen. Daß Bastrippen ein wenig nach innen rücken, ist jedoch auch in der Lamina gar nicht sehr selten. Dieselben sind dann durch grüne Zellen von dem farblosen Wassergewebe getrennt. Die beschriebenen Skelettstränge fehlen an der Unterseite fast ganz. Sie finden sich hier einmal in der Region der oberen Hauptrippen, wo sie etwas seitlich beginnen und sich in ähnlicher Weise in das Schwellgewebe erstrecken, wie die Baststränge der Oberseite in dasjenige der unteren Hauptrippen. Zum andern zeigen sie sich eine gewisse Strecke weit zu beiden Seiten jeder unteren Hauptrippe. Die erwähnten Skelettstränge der Unterseite haben einen rundlichen Querschnitt und sind durchschnittlich kleiner und spärlicher als diejenigen der Oberseite.

Die Hauptträger in der Spreite sind die Hauptrippen. Diese, namentlich die unteren, sind von großer Biegungsfestigkeit. Die oberen Hauptrippen führen außer den mittelkräftigen Bündelbelegen noch recht kräftige, peripherisch gelegene, isolierte Baststränge. Letztere fehlen zwar in den unteren Hauptrippen (abgesehen vom Schwellgewebe); dafür aber haben sich die Leptombelege der Bündel zu ganz ungewöhnlicher Stärke entwickelt. Da die Bündel sich peripherisch ordnen und ihr Leptom nach außen kehren, so bilden die genannten starken Leptombelege, von denen gewöhnlich mehrere miteinander verschmolzen sind, einen mehr oder weniger unterbrochenen, biegungsfesten Hohlzylinder. Innerhalb dieses Zylinders befindet sich ein großes Bündel mit ganz enormem Leptombelag. Der Hadrombelag ist zwar schwächer, besitzt aber immerhin eine bedeutende Stärke, während derjenige der bereits erwähnten, peripherisch geordneten Bündel sehr winzig ist und bei den kleineren dieser Bündel gänzlich fehlt. Gegen scherende Kräfte sind die Strahlen insofern geschützt, als der Rand sich verdickt und zwei große Gefäßbündel hier einander ziemlich nahe stehen, deren Belege eine enorme Mächtigkeit erlangen. Überdies sind die subepidermalen Bastrippen, sowie die Epidermisaußenwand hier stärker, als anderswo in der Lamina. Die von Bündel zu Bündel gehenden Queranastomosen sind nur spärlich und schwach.

6. *Mauritia vinifera* Mart.

Das zur Untersuchung gelangte Material ist im östlichen Brasilien gesammelt worden, und zwar in dem hochgelegenen

Distrikt von Goyaz. Dieser Teil des heißen Erdgürtels hat eine Regenzeit von November bis April, während im Winter (Mai bis Oktober) im allgemeinen Trockenheit herrscht und die Temperatur zuweilen bis zum Gefrierpunkt herabsinkt. Um solche lange Trockenperioden ertragen zu können, haben die Assimilationsorgane unserer Palme entsprechende Schutzeinrichtungen gegen zu starke Transpiration, was in folgender Beschreibung der Blattanatomie an passender Stelle zum Ausdruck kommen soll.

Mauritia vinifera gehört zu denjenigen wenigen Fächerpalmen, deren Blätter reduplizierte Strahlen besitzen. Diese sind bei der vorliegenden Palme von einer kräftigen Mittelrippe (oberen Hauptrippe) bis zur Spitze durchzogen. Die Unterkanten (untere Hauptrippen) dagegen sind äußerst kurz, da die Teilungen fast bis auf die Rhachis reichen. Wäre daher die so sehr verkürzte Rhachis länger, so müßte man das Blatt als ein gefiedertes betrachten. Es handelt sich hier also um eine Palme, die einen Übergang von den Palmen mit fächerförmigem Blatt zu denen mit gefiedertem zeigen. Darauf weist schon Wendland (l. c. p. 149) hin und erwähnt neben der Gattung *Mauritia* noch die Gattungen *Lepidococcus* (nach Drude Untergattung von *Mauritia*), *Lepidocaryum* und *Licuala*, die nach ihm in der genannten Hinsicht gleiches Verhalten zeigen.

Was die Morphologie andeutet, bestätigt bei der untersuchten *Mauritia*-Art die Anatomie im höchsten Grade. Die Mittelrippe der Fächerstrahlen zeigt nämlich den für die meisten Fiederpalmen so sehr charakteristischen, mehrere Mestombündel umschließenden Skelettring mit seinen beiden seitlich gelegenen Zugängen. Ganz entsprechend der stärkeren Inanspruchnahme rechtwinklig zur Spreite ordnen sich die Skelettelemente mehr zu einem sehr hohen leistungsfähigen Träger. Der sehr kräftige Bastring, der mittels drei Schichten dickwandigen, porenreichen Parenchyms oben und unten an die Epidermis grenzt, hat nämlich die Form einer Ellipse, deren große, rechtwinklig zur Spreite gerichtete Achse doppelt so groß ist, als die kleine. Das Leptom der größten Gefäßbündel innerhalb des Ringes ist durch dickwandiges Parenchym in zwei Gruppen geteilt.

Bei der nun folgenden Betrachtung der Anatomie der Lamina beginne ich mit dem Hautgewebe. Die Epidermiszellen beider Seiten haben gleiche Höhe und Breite. Die meisten sind parallel zur Längsachse der Strahlen etwas gestreckt; viele dagegen, so an der Unterseite diejenigen in der Längsrichtung zwischen den Spaltöffnungen, sind durchschnittlich isodiametrisch. Die Außenwand der Unterseite ist von mäßiger Stärke, diejenige der Oberseite dagegen ist recht derb. Indem beide bis auf eine dünne Schicht cutinisiert und von einer homogenen Wachsschicht überzogen sind, ist unserer Palme ein vortrefflicher Transpirationsschutz verliehen. Die übrigen Wände der Epidermiszellen der Oberseite sind zwar bedeutend dünner, als die zugehörige Außenwand, aber immerhin erheblich dicker, als die entsprechenden nur schwach verdickten Wände der meisten unterseitigen Epidermiszellen. Nur

diejenigen Epidermiszellen der Unterseite, die in der Längsrichtung zwischen den Spaltöffnungen sich befinden, kommen in Dicke der Radial- und Querwände denjenigen der Oberseite oft ziemlich nahe. Die Radialwände, oft auch die Querwände vieler Epidermiszellen beider Seiten, zeigen am Flächenschnitt eine deutliche Wellung, oder doch wenigstens eine schwache Andeutung derselben. Eine Tüpfelung habe ich nicht beobachten können. Die oben erwähnte Cuticula der Außenwand sendet in die Radial- und Querwände kurze Fortsätze. Da die Epidermiszellen, namentlich diejenigen der Oberseite, ziemlich hoch sind, so haben sie jedenfalls einen nicht unbedeutenden Anteil an der Funktion eines peripherischen Wassergewebes. Damit im Einklange steht die Tatsache, daß die subepidermalen Bastrippen (Fig. 4, b) die Wassergewebezellen an den betreffenden Stellen verdrängen und unmittelbar an die Epidermis rücken.

Die Bastrippen haben im ganzen und großen einen kreisrunden Querschnitt. Diejenigen der Oberseite sind sehr kräftig und stehen einander so nahe, daß nur eine oder zwei, höchstens drei ziemlich dickwandige Wassergewebezellen zwischen ihnen Platz finden, die im Verhältnis zu ihrer nicht geringen Höhe, welche meistens noch von der Länge übertroffen wird, nur schmal sind. Die Rippen der Unterseite sind viel kleiner, haben auch einen größeren Abstand, um Raum zu schaffen für die nur an der Unterseite befindlichen Spaltöffnungen, die wenig oder garnicht eingesenkt sind. Sie ordnen sich infolge ihrer Lage zwischen den Bastrippen zu regelmäßigen Längsreihen, lassen aber immerhin noch Platz genug für eine Anzahl Wassergewebezellen, die aber ebenso wie die unterseitigen Epidermiszellen nicht ganz so hoch sind als die entsprechenden Zellen der Oberseite. Da das mir zur Verfügung stehende Herbarmaterial für eine nähere Untersuchung des an Raphiden reichen Mesophylls nicht geeignet war, so habe ich über den Charakter dieses Gewebes, und somit des Durchlüftungssystems, nichts mitzuteilen.

Die subepidermalen Bastrippen machen neben dem Skelett der Mittelrippe die Blattsegmente außerordentlich biegungsfest und dienen ferner zum Verhüten des Schrumpfens während der Zeit stärkster Transpiration. Beiden Zwecken machen sich in hohem Grade auch die großen Fibrovasalstränge dienstbar, indem die Mestombelege, sowie die über diesen befindlichen Zellen derart sind, daß jedes große Bündel mit sämtlichen über und unter ihm befindlichen Elementen einer kräftigen Strebeleiste gleicht, zur Erhaltung der Querschnittform dienend. Indem nämlich die Belege, namentlich die Leptombelege wegen ihrer Stärke durchgehends mehr als lokale Bedeutung haben, handelt es sich um kräftige I-Träger. Dazu sind über beiden (abgesehen von wenigen Ausnahmen) Belegen eines solchen Bündels farblose Zellen (Fig. 4, d) mit sehr derben, porenreichen Wänden vorhanden, die bei Wassermangel einen Collapsus der Epidermis verhüten. Dieselben zeigen am Flächenschnitt in der Mehrzahl rundliche Form und kommen fast ausnahmslos in zwei Schichten vor, von denen die dem Belag zu-

gekehrte durchweg palisadenartig ist, während die andere, an die Epidermis grenzende dagegen meistens aus isodiametrischen Zellen besteht. Die kleinen Mestombündel, die fast ganz in der unteren Hälfte des Mesophylls liegen, haben nur einen ein- bis dreischichtigen Leptombelag, offenbar ausschließlich zum Zweck lokalmechanischen Schutzes.

Sehr zahlreiche, größtenteils aus Bast bestehende Queranastomosen schützen die Fächerstrahlen in hohem Grade gegen das Zerschlitzen parallel ihrer Längsachse. Um das seitliche Einreißen der Segmente zu verhüten, sind die subepidermalen Bastrippen am Rande (Fig. 4) oft viel breiter oder etwas höher, als

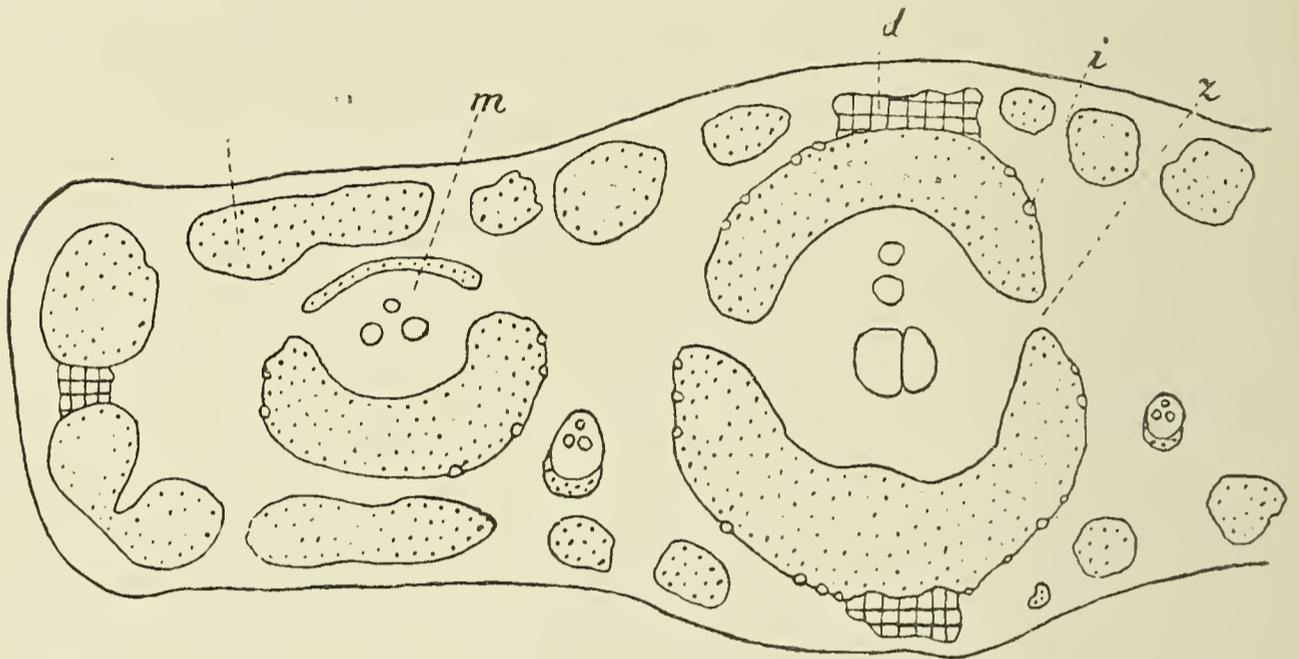


Fig. 4.

Querschnittsbild des Fächerstrahlenrandes von *Mauritia vinifera* (Exemplar vom natürlichen Standort). — m Mestom. b Bast. z Zugänge. d dickwandiges Parenchym. i Kieselkörper.

anderswo in der Lamina. Überdies sind die Belege der letzten großen Gefäßbündel viel stärker, und endlich wird die Außenwand der Epidermis nach dem Rande zu derber.

7. *Borassus flabelliformis* L.

ist ein in dem heißen Gürtel der östlichen Erdhälfte weitverbreiteter Baum und muß somit imstande sein, längere Trockenperioden zu ertragen. Dazu stellen sich nach Seemann (l. c. p. 72) als die für die Entwicklung unserer Palme geeignetsten Stellen jene niederen, kaum über den Meeresspiegel erhobenen Sandebenen heraus, die eine glühende Sonne bescheint und die dem Wehen wenigstens eines der Monsune ausgesetzt sind. Es ist daher in den assimilierenden Organen ein ausgiebiger Transpirationsschutz zu erwarten. Diese Vermutung bestätigt die anatomische Untersuchung.

Borassus flabelliformis besitzt regelmäßig gefächerte Blätter mit induplizierten Strahlen. In der Strahlmittelrippe fand ich nur zwei, mit ihren mittelstarken Belegen verschmolzene Mestomündel. In anderen Fällen waren beide Bündel nicht mehr durch Bast getrennt,

sondern von einem gemeinsamen Stereomring, wie ich ihn bei fast allen Fiederpalmen gefunden habe, umgeben. Immerhin aber handelt es sich hier mehr um ein Übergangsgebilde, da der Skelettring weit entfernt bleibt von der oberseitigen Epidermis, so daß direkt über dem Ring Platz bleibt für ein durch starke Bastbündel gefestigtes Schwellgewebe, welches somit, sich auffallend weit seitlich erstreckend ungeteilt bleibt, wie wir es bei typischen Fächerblättern gewohnt sind (vgl. p. 94). Dazu kommt noch die bereits erwähnte geringe Bündelzahl. Wäre diese noch um eins vermindert, so hätten wir in der Mittelrippe nur ein Mestombündel mit seinen Belegen, wie wir es schon bei *Rhapis* gesehen haben und wie es bei Fächerpalmen garnicht sehr selten ist. Übrigens ist es klar, daß Mittelrippen mit nur einem, mit Belegen versehenen Mestombündel die Grenze bilden zwischen dem im allgemeinen Teil (p. 92 und 93) beschriebenen Fächer- und Fiederpalmentypus.

Die Lamina zeigt isolateralen Bau. Die langgestreckten Epidermiszellen beider Seiten haben nur eine geringe Höhe und Breite. Die Außenwände sind keineswegs von besonderer Stärke, aber immerhin dicker als die Radial-, Quer- und Innenwände. Indem aber sämtliche Wände der Epidermiszellen vollständig verkorkt sind, ist das Blatt in hohem Grade geschützt gegen einen übermäßigen Transpirationsverlust. In demselben Dienste steht die Tatsache, daß die zu beiden Seiten in erheblicher Anzahl vorhandenen Spaltöffnungen¹⁾ eingesenkt²⁾, die so geschaffenen Krater mit körnigem, infolge der dazwischen gelagerten Luft schwarzbraun erscheinendem Wachs angefüllt, und die an den Luftkanal grenzenden Wandungen mit ihren kräftigen äußeren und inneren Hörnchen bis auf eine äußerst dünne Schicht cutinisiert sind. Der subepidermale einschichtige Wassermantel, außer in der Region der Hauptrippen nur noch über dem Leptom der größten Bündel zweischichtig werdend³⁾, ist relativ hoch, reichlich zweimal so hoch als die Epidermis und besteht aus Zellen mit recht dicken, porenreichen Wänden. Es ist ersichtlich, daß ein derartiges Wasserreservoir, dessen Zellen entweder isodiametrisch oder in der Längs- oder Tangentialrichtung gestreckt sind, wohl geeignet ist, den Bedarf der assimilierenden Schichten zu decken, falls einmal die Transpiration trotz des erwähnten Schutzes über die Zufuhr das Übergewicht bekommen sollte.

Sowohl an der Ober-, als auch an der Unterseite befinden sich zumeist über den Mestombündeln relativ zahlreiche, flach anliegende, mehrzellige Trichome, die am Flächenschnitt im ganzen und großen die Form einer Ellipse zeigen (Wiesner, l. c. Fig. 149), deren große Achse der Richtung der Fächerstrahlen parallel läuft.

¹⁾ Zellringe unterhalb des Spaltöffnungsapparates, über die Eberwein (l. c.) berichtet, habe ich nicht beobachten können.

²⁾ Bezüglich der Tiefe des Kraters entspricht meinen Befunden die Zeichnung von Eberwein (l. c.), keineswegs aber diejenige von Wiesner (l. c.), nach welcher die Stomata so gut wie garnicht eingesenkt sind.

³⁾ Nach Eberwein (l. c.) ist die Epidermis dreischichtig, mithin das Wassergewebe überall zweischichtig.

Der Raum, den ein solches Trichomgebilde im Hautgewebe einnimmt, ergibt sich nach dem Blattquerschnitt (Fig. 5) als ein ziemlich steiler Krater, der etwas tiefer ist, als an andern Stellen die Höhe der Epidermis und des Wassergewebes zusammengenommen beträgt. Die Epidermis (e) setzt sich in einem mehr oder weniger stark gekrümmten Bogen in diesen Krater hinein fort, die Wand desselben auskleidend. Am Grunde des Kraters aber ist die Epidermis unterbrochen, während die Wassergewebeschiebt (w) ohne Unterbrechung in einem Bogen unter dem in Rede stehenden Gebilde fortläuft, jedoch hier aus nur sehr dünnwandigen und niedrigen Zellen (w') bestehend. Auf diesen Zellen fußen im Querschnittsbilde zwei, rechtwinklig zur Blattfläche gestreckte, farblose Zellen (f), die dünnwandig beginnen, im weiteren Verlauf aber dickwandiger werden. Ebenso dickwandig, aber durchweg isodiametrisch und mit braunem Inhalt erfüllt sind die Zellen der beiden im Querschnitt stark

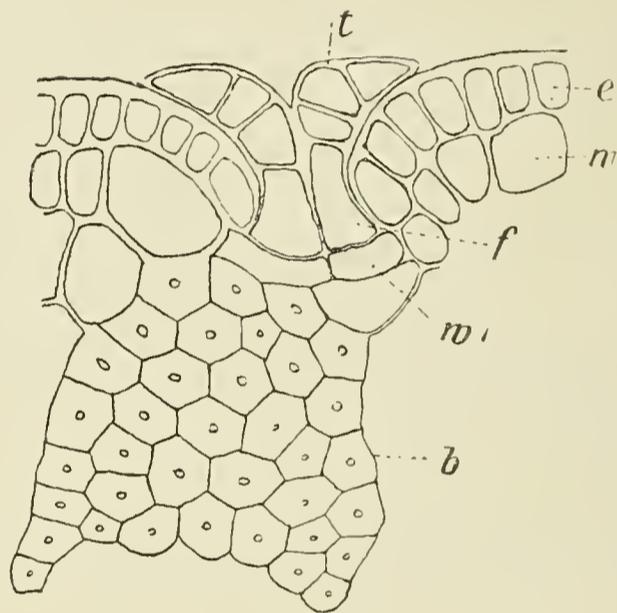


Fig. 5.

Teil eines Querschnittes der Blattlamina von *Borassus flabelliformis* (Exemplar vom natürlichen Standort). — e Epidermis der Oberseite. w u. w' Wassergewebe. t Trichom. f Fußzellen. b Bastrippe (Hadrombelag).

hervortretenden und den Krater ausfüllenden Zellreihen, von denen jede einer der beiden Fußzellen (f) aufsitzt. Jede Zellreihe, ohne die zugehörige Fußzelle aus drei, höchstens vier Zellen bestehend, von denen die letzte sich etwas zuschärft, schmiegt sich der Epidermis eng an, so daß beide Reihen an der Mündung des Kraters auseinander treten. Aus dieser Beschreibung im Verein mit Figur 5 wird eine klare Vorstellung von den in Rede stehenden Gebilden zu gewinnen sein. Über ihre Funktion ließ sich nichts ermitteln.

Das Mesophyll, in dem ich keine Raphidenschläuche entdeckte, besteht aus plattenförmigen, parallel zum Blattquerschnitt geschichteten Zellen. Sie erscheinen daher am Längsschnitt als gut ausgebildete Palisaden, während im Querschnittsbilde selbst an der beiderseitigen ersten Schicht kaum eine palisadenartige Streckung der Zellen wahrzunehmen ist.

Das Skelett besteht der Hauptsache nach aus den subepidermalen Bastrippen. Die Rippen der Oberseite (Fig. 5. b) dienen

mit wenigen Ausnahmen als Belege sämtlicher Leitbündel, haben aber fast alle die Form einfacher Balken von größerer oder geringerer Höhe, während diejenigen subepidermalen Bastrippen der Unterseite, die als Leptombelege der größten Bündel fungieren, sichelförmig und meistens erheblich schwächer sind. Noch schwächer aber sind die übrigen subepidermalen Rippen der Unterseite. Sie stehen als wenig zellige, rundliche Bastgruppen den kleinen Bündeln, die mit den großen durchschnittlich alternieren, häufig opponiert. Die kleinen Bündel haben meistens einen nur winzigen oder überhaupt keinen Leptombelag. In jedem Falle aber ist die großzellige, farblose Parenchymscheide über dem Leptom respektive Leptombelag geschlossen, während bei den größten Bündeln selbstverständlich nur an den Flanken Scheidenzellen vorhanden sind. Das Leptom ist bei vielen großen Bündeln durch eine auffallenderweise parallel zur Blattfläche gerichtete Lamelle dickwandigen Parenchyms in zwei Gruppen geteilt.

Die nötige Biegefestigkeit erlangt das Blatt durch das beschriebene Skelett der Lamina und der Hauptrippen. Eine ungeheure Anzahl Queranastomosen von ganz außergewöhnlicher Stärke bewirken die Schub- oder Scherfestigkeit parallel der Längsachse der Strahlen. Sie bestehen fast ausschließlich aus Bast und umschlingen gleichsam die Bündel, indem sie Anschluß finden an die beiderseitigen Bündelbelege und, namentlich wo diese ganz oder doch fast an die Oberhaut grenzen, auch an die benachbarten Stellen der letzteren. [In solchen Regionen nun, wo die Stereomstränge an die Epidermis herantreten, finden sich die in großer Anzahl vorhandenen, die Bastelemente begleitenden Kieselkörper mit ihren Behältern ausnahmsweise in der Epidermis, die Außenwand oft vorwölbend, unterscheiden sich im übrigen aber von denjenigen Kieselkörpern, welche die mehr im Innern des Blattes befindlichen Skelettstränge begleiten, nur durch ihre außergewöhnliche Größe¹⁾.] Der Rand der Fächerstrahlen hat nur insofern eine Festigung erfahren, als die randständigen Bündel etwas kräftigere Belege besitzen.

Das von mir untersuchte Treibhausexemplar ist im Vergleich mit dem Tropenexemplar insofern schwächer gebaut, als die Zellwände sämtlicher Gewebearten dünner und die Queranastomosen viel seltener und schwächer sind. Auch der besondere Transpirationsschutz ist infolge der Anpassung an die veränderten Lebensbedingungen wesentlich reduziert, indem die Spaltöffnungen nicht eingesenkt und die Epidermiswände und mit ihnen die verkorkten Schichten dünner sind. In der Mitte des Mesophylls finden sich Raphidenschläuche, die ich beim Tropenexemplar nicht bemerkte. Erwähnenswert mag noch sein, daß mehrere von den durch Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure freigelegten Kieselrösen eines Präparates vom Treibhausexemplar gespalten waren und zwar häufig kreuzweise.

¹⁾ Diese Stegmata sind abgebildet in Eberwein (l. c.).

8. *Thrinax Miraguana* Mart.

Pfister beschreibt in seiner Dissertation die Anatomie des von Wright auf Cuba gesammelten, im Herbar zu Paris aufbewahrten Materials. Die klimatischen Verhältnisse der westindischen Inseln und somit auch von Cuba habe ich bereits bei der Bearbeitung von *Sabal umbraculifera* angegeben und kann ich somit hier übergehen. Inwieweit die Blätter in ihrem anatomischen Bau mit den vorhandenen Lebensbedingungen im Einklang stehen, mag die im Folgenden wiedergegebene Blattanatomie lehren.

Nach Pfister besitzt die kleinzellige Epidermis der Oberseite eine zwölf μ starke Außenwand mit einem Wachsbelag. Auf die einschichtige, ununterbrochene, kleinzellige Wassergewebebeschicht folgt eine fast ununterbrochene Bastlage, die oft keilförmig, auffallend weit ins Innere einspringt. An solche schmale Vorsprünge lehnen sich die größeren Mestombündel, die mit dem etwas erhöhten mittleren Teil ihres schwachen, sichelförmigen Leptombeleges die Epidermis der Unterseite erreichen. Bei kleinen Bündeln kann kaum von Belegen die Rede sein. Aus vorstehender Darstellung folgt schon, daß sämtliche Leitbündel in der unteren Hälfte des Blattquerschnittes ihren Verlauf nehmen. Wie an der Ober-, so sind auch an der Unterseite die Epidermis und das einschichtige Wassergewebe kleinzellig. Doch ist die Epidermisaußenwand hier viel dünner, als an der Oberseite. Dazu finden sich an der Unterseite mehrzellige, rundliche Hautwarzen.

Das von mir untersuchte Treibhausexemplar ist bedeutend schwächer gebaut. Die Epidermisaußenwand beider Seiten ist nur dünn. Die größte Differenz aber tritt im Skelett zutage, indem beim kultivierten Material das subepidermale Skelett der Oberseite aus relativ kleinen und getrennten Rippen besteht.

Zum Schlusse mögen noch einige Worte über die Hauptrippen gestattet sein. Letztere bleiben in der Pfister'schen Arbeit unberücksichtigt, so daß ich eine Beschreibung der Anatomie dieser Hauptträger erst an dieser Stelle, also bei Behandlung des von mir untersuchten Treibhausexemplares geben kann. Die oberen Hauptrippen sind sehr hoch und führen mehrere, mit besonders kräftigen Belegen versehene Mestombündel, die in dem vorliegenden Fall mit ihren Basthüllen zu zwei übereinander gelegenen Gruppen verschmelzen. Eine Verschmelzung der Bündelbelege findet auch in den unteren Hauptrippen, den Strahlmittelrippen statt, doch derart, daß ein gemeinsamer Skelettring sämtlicher Bündel, wie er sich bei nahezu allen Fiederblättern findet, in den Vordergrund tritt. Immerhin aber handelt es sich in dieser Beziehung um ein Übergangsgebilde (vgl. p.93). So fand ich unter den vorhandenen fünf Bündeln nur zwei, die nicht durch Bast getrennt waren, und selbst diese sind nicht in einem besonderen Parenchym eingebettet. Dazu bleibt der Skelettring weit entfernt von der Epidermis der Oberseite, so daß das Schwellgewebe sich seiner größten Ausdehnung nach über dem Skelett der Rippe findet und somit ungeteilt bleibt.

Ferner befinden sich beide Zugänge hier nicht an den Flanken, sondern an der nach der Oberseite des Blattes gewendeten Seite des Ringes und sind durch eine relativ nur schmale Bastleiste von einander getrennt. Endlich bemerke ich noch, daß im weiteren Verlauf der Rippe, im freien Teil des Strahles nämlich, nur ein großes Mestombündel mit sehr starken Belegen vorhanden ist (vgl. p. 115). Die sehr kräftige Skeletthülle ist derart, daß sie die Andeutung einer Teilung des Schwellgewebes bewirkt.

Bei *Thrinax argentea* Lodd. (Treibhausexemplar) hat die Strahlmitte Rippe ebenfalls nur wenig Mestombündel aufzuweisen (im verwachsenen Teil des Fächers drei und im freien Teil des Strahles nur ein großes Bündel), die mit ihren Belegen, unter denen sich die Leptombelege durch eine besondere Stärke auszeichnen, gelegentlich verschmelzen. Von einer gemeinsamen Stereomhülle aber kann hier nicht im geringsten die Rede sein. Auch ist das durch Bastbündel gefestigte, gut entwickelte Schwellgewebe entsprechend dem Fächerpalmentypus ungeteilt, desgleichen dasjenige unter der oberen Hauptrippe. Die Mestombündel der letzteren, deren mächtige Leptom- und Hadrombelege etwa gleiche Stärke haben, finden sich in großer Anzahl (etwa vierzehn) über dem Querschnitt zerstreut, und mehrere von ihnen sind mit ihren Belegen verschmolzen.

9. *Trachycarpus Khasyana* Griff.

Das untersuchte Herbariummaterial wurde in den Khasya hills in einer Höhe von 4000' gesammelt. Es ist dies etwa die Höhe der größten Niederschlagsmenge. Der meiste Regen fällt im Sommer, während der Winter größere Lufttrockenheit bringt. Eigentliche Trockenperioden aber treten nicht ein. Das in Rede stehende Gebirge hat schon wegen seiner geographischen Lage ein gemäßigteres Klima. Während die Lufttemperatur dazu noch mit der Höhe über dem Boden abnimmt, steigt dagegen die Intensität der Insolation. Nur aus diesem Grunde wäre demnach unsere Palme an den trocknen Tagen, namentlich zur Mittagszeit einer stärkeren Transpiration ausgesetzt, so daß ihre Blätter eines nur mäßigen Schutzes bedürfen.

Die schmalen, niedrigen, aber langgestreckten Epidermiszellen beider Seiten haben nur schwache Radial- und Querwände mit sehr zahlreichen feinen Poren. Stärker sind die Außenwände, als solche aber immerhin recht schwach. Die Außen-, Radial-, Quer-, und zum Teil auch die Innenwände sind bis auf eine das Zellumen auskleidende Schicht cutinisiert. Desgleichen widerstehen die den Spaltöffnungskanal auskleidenden Wände mit den starken äußeren und etwas schwächeren inneren Hörnchen vollständig der konzentrierten Schwefelsäure. Die auf die Unterseite beschränkten Spaltöffnungen sind jedoch nicht eingesenkt und haben überdies eine gut entwickelte innere Atemhöhle. Die oben erwähnten Cutinisierungen der relativ schwachen Epidermiswände reichen an dem genannten Standort offenbar aus, die Transpiration auf das

nötige Maß einzuschränken: Bevor ich die Oberhaut verlasse, bemerke ich noch, daß ich an oberen und unteren Hauptrippen, sehr selten auch an der Unterseite der Lamina, Hautwarzen fand.

Auf die Epidermis der Oberseite folgt eine einschichtige Bastlage, die mitunter zweischichtig wird und sehr oft kleine Vorsprünge von sehr verschiedener Form ins Mesophyll sendet. Sie ist in wechselnden Abständen unterbrochen und hier nur durch eine, selten durch zwei und nur über den großen Gefäßbündeln durch mehrere nebeneinander liegende Wassergewebezellen morphologisch ersetzt, die im letzteren Falle häufig mit der Parenchym-scheide dieser Leitbündel kommunizieren. Hin und wieder finden sich auch Skelettelemente unter Wassergewebezellen. Das subepidermale Skelett der Unterseite ist in Form von Rippen von verschiedener Größe vorhanden, die ein bis sechs Zellen breit und ein bis drei Zellen hoch sind. Damit ist Platz geschaffen für die erklärlicherweise in Längsreihen angeordneten Spaltöffnungen und für eine größere Anzahl Wassergewebezellen. Das Mesophyll, in dessen Mitte ich Raphiden in geringer Zahl bemerkte, besteht aus isodiametrischen Zellen. Die kleinen Mestombündel, in der Mitte des Blattes liegend, haben nur über dem Leptom eine auch nur sehr schwache einschichtige Bastlamelle oder entbehren des Schutzes vollständig. Die großen Bündel, unter denen die größten ein zweiseitiges Leptom besitzen, erreichen mit ihren sichelförmigen Leptom- und Hadrombelegen von nur mäßiger Stärke die bereits erwähnten Wassergewebezellen der Ober- und Unterseite, und nur in wenigen Fällen bleibt der Leptombelag von dem Hautgewebe durch grüne Zellen geschieden.

Die Hauptträger besitzt das gleichmäßig geteilte Fächerblatt in den Hauptrippen. Die kurzen oberen Hauptrippen haben in dem über die Oberseite des Blattes vorspringenden Teil kräftige subepidermale Bästrippen und führen im Innern etwa drei bis vier Leitbündel, von denen die beiden größeren mit ihren keineswegs starken Belegen gelegentlich verschmelzen. Das Skelett der Mittelrippe der induplizierten Strahlen dagegen hat im Querschnittsbilde die Form eines Hufeisenmagneten, dessen Öffnung der Oberseite des Blattes zugekehrt ist. Die Elemente des Ringes gehen nach innen allmählich in großlumiges, farbloses Parenchym über, in dem Gefäßbündel eingebettet liegen, und zwar in gleicher Weise wie bei den Fiederpalmen. Von dem Skelettring der letzteren unterscheidet sich jedoch derjenige unserer Palme dadurch, daß ihm die beiden seitlich gelegenen, typischen Zugänge fehlen, und daß er so weit von der oberseitigen Epidermis entfernt bleibt, daß nicht einmal die geringste Andeutung einer Teilung des Schwellgewebes sichtbar wird. Letzteres, wie auch dasjenige der oberen Hauptrippen, ist gut entwickelt und von in einer Bogenreihe angeordneten Bastgruppen durchzogen. Die mit mäßig starken Belegen versehenen größeren Mestombündel innerhalb des Skelettringes haben, wie das größte Bündel der oberen Hauptrippen, ein zweiseitiges Leptom. Einige sehr kleine Bündel stecken derart

im Skelettringe, daß sie nur mittels ihres Hadromteiles mit dem Parenchym des Innenraumes in direkter Kommunikation stehen.

Gegen Schubkräfte ist das Blatt durch starke Queranastomosen geschützt, die fast ausschließlich aus Bast bestehen, aber nur in geringer Anzahl vorhanden sind.

10. *Trithrinax brasiliensis* Mart.

(*Glaxion coll., herb. Berol.*)

Das untersuchte Herbarmaterial stammt aus Rio de Janeiro, wo in keiner Jahreszeit die Niederschläge vollständig fehlen. Dazu wird die tropische Hitze gemildert durch die Nähe des Meeres. Die Gefahr übergroßer Transpiration kann demnach nur infolge der starken Insolation an trocknen Tagen, namentlich zur Mittagszeit eintreten. Wie sich unsere Palme gegen diese Gefahr geschützt hat, geht aus folgender Beschreibung ihrer Blattanatomic zur Genüge hervor.

Das regelmäßig gefächerte Blatt hat induplizierte Strahlen. Die Mittelrippe der letzteren ist sehr stark und erinnert in ihrem anatomischen Bau an diejenige von *Rhapidophyllum Hystrix*. Doch befinden sich im Mittelraum statt eines Mestombündels mehrere, ganz von Parenchym umgebene Bündel mit nur schwachen oder mittelstarken Belegen. Sämtliche Bündel der Mittelrippe, mit Ausnahme der kleinsten, haben ein in zwei Gruppen geteiltes Leptom. Über dem mächtig entwickelten Schwellgewebe rücken die gewaltigen subepidermalen Bastrippen weit von der Epidermis ab, ersteres in einem großen Bogen durchsetzend.

Die Anatomie der Lamina beginne ich mit dem Hautgewebe. Die Epidermiszellen beider Seiten sind nur klein und gestreckt. Ihre Radial- und Querwände sind nur schwach verdickt, besitzen aber trotzdem zahlreiche feine Poren. Selbst die Außenwand ist keineswegs stark, aber fast ganz cutinisiert. Verkorkt sind ferner die an den Spaltöffnungskanal grenzenden Wände. Doch sind die an der Oberseite in geringer, an der Unterseite dagegen in großer Anzahl vorhandenen Spaltöffnungen kaum als etwas eingesenkt zu bezeichnen. An der Blattunterseite finden sich trichomartige Gebilde. Der Grad der erwähnten Cutinisierungen wird für gewöhnlich ausreichen, die Transpiration auf das zulässige Maß zu beschränken. Sollte jedoch zur Mittagszeit einmal der Verlust die Zufuhr übersteigen, so tritt das einschichtige subepidermale Wassergewebe in Aktion. Obgleich dies Reservoir, das an der Oberseite ein wenig besser ausgeprägt ist als an der Unterseite, nur kleinzellig ist, so wird es immerhin imstande sein, die Differenz auf seine Kosten übernehmen zu können.

Es ist nach dem bisherigen wohl verständlich, daß das raphidenführende Mesophyll hygrophilen Charakter besitzt. Etwa drei chlorophyllführende Zellschichten der Oberseite sind etwas palisadenartig gestreckt, hingegen ist das übrige Mesophyll als typisches, aus isodiametrischen Zellen bestehendes Schwammparenchym entwickelt.

Der mechanischen Inanspruchnahme durch den an dem Standort herrschenden Wind entspricht die Stärke des Skelettes. Auf das subepidermale Wasserreservoir der Oberseite folgen zahlreiche, sehr starke Baststränge, deren Höhe die Breite durchweg etwas übersteigt, während sich an der Unterseite in größeren Abständen nur verhältnismäßig winzige Bastgruppen finden. Die meisten Leitbündel sind klein und haben sehr schwache sichelförmige Leptombelege oder sind ganz frei von Bastelementen. Die großen und mittelgroßen Bündel, deren Leptom meistens mehr oder minder deutlich in zwei Gruppen geteilt ist, grenzen mit ihren Belegen fast ohne Ausnahme an das subepidermale Wassergewebe, das hier an beiden Blattseiten eine größere Höhe erreicht. Der sichelförmige Leptombelag ist von mäßiger Stärke. Der Hadrombelag gleicht bei den großen Bündeln ebenfalls einer schmalen Sichel, bei den mittelgroßen dagegen nimmt er mehr oder weniger die Form und Stärke der subepidermalen Bastrippen der Oberseite an. Die in mäßiger Anzahl vorhandenen Queranastomosen sind von mittlerer Stärke. Der Rand hat insofern eine Verstärkung erfahren, als die subepidermalen Bastrippen hier kräftiger sind als anderswo in der Lamina.

Trithrinax brasiliensis Mart. (*Arechavaletta* coll. Uruguay, herb. Turic.) ist auch von Pfister untersucht. Doch zeigt die Anatomie seines Materials wesentliche Abweichungen von derjenigen, wie ich sie oben beschrieben habe. Nach der Pfister'schen Zeichnung und Beschreibung finden sich an der Ober- und Unterseite direkt unter der Epidermis oder unter der Wassergewebe-schicht zahlreiche gewaltige Baststränge in Form einfacher sehr hoher Balken, die sämtlich gleichzeitig als Bündelbelege fungieren, so daß alle Leitbahnen, in der Mittelebene des Blattes verlaufend, mit ihren hohen Bastschienen das Mesophyll in lauter schmale Kammern teilen. Auch zeigen die Bündelquerschnitte ein ganz anderes Gepräge. Die Größendifferenz der Mestome tritt wenig hervor und eine Teilung des Leptoms tritt nirgends ein. Ferner ist die Epidermisaußenwand sehr stark cutinisiert und erreicht eine Dicke bis dreizehn μ . Dazu befinden sich die Stomata in flachen Vertiefungen. Endlich fehlen Raphidenschläuche, die bei meinem Material keineswegs selten sind.

Die Abweichungen des von Pfister untersuchten Materials von dem meinigen sind so bedeutend, daß möglicherweise zwei verschiedene Arten für unsere Untersuchungen vorgelegen haben. Wessen Material nicht richtig bestimmt war, muß ich dahingestellt sein lassen.

11. *Hyphaene thebaica* Mart.

Die Heimat dieser Palme ist Nordafrika. Von hier streicht sie aber nach Martius Angaben (l. c. p. 639) noch weit östlich nach Arabien und Syrien. Das von mir untersuchte Material, aus dem Herbar zu Berlin erhalten, stammt aus Kordofan. Wegen des in diesem heißen Gebiete herrschenden Wechsels zwischen Regenzeiten und Trockenperioden ist an den Blättern dieser Palme von

vornherein ein entsprechender Transpirationsschutz zu erwarten. Diese Vermutung bestätigt denn auch die anatomische Untersuchung, deren Resultate ich hier folgen lasse.

Die Lamina (Fig. 6) zeigt isolateralen Bau. Die langgestreckten Epidermiszellen sind sehr schmal und haben eine noch geringere Höhe. Die Radial- und Querwände sind nur dünn. Bedeutend dicker zwar sind die Außenwände, als solche aber immerhin nur schwach. Indem die Außen-, Radial- und Querwände bis auf eine dünne Schicht cutinisiert sind, ist eine Herabsetzung der Transpiration bis zu gewissem Grade erreicht. Die Spaltöffnungen sind zwar nicht eingesenkt; die die Spalte auskleidenden Wandungen aber mit den starken äußeren und inneren Hörnchen sind fast ganz cutinisiert. Wegen des nur mäßig ausgebildeten Transpirationsschutzes übersteigt vermutlich die Verdunstung zeitweise die Zufuhr. Das gut entwickelte Wasserreservoir, das den Verlust zu decken vermag, ist daher wohl am Platze. Es besteht aus zwei Schichten von isodiametrischen oder in die Breite gestreckter Zellen mit verdickten und porenfreien Wänden. Das derbwandige Chlorophyll-

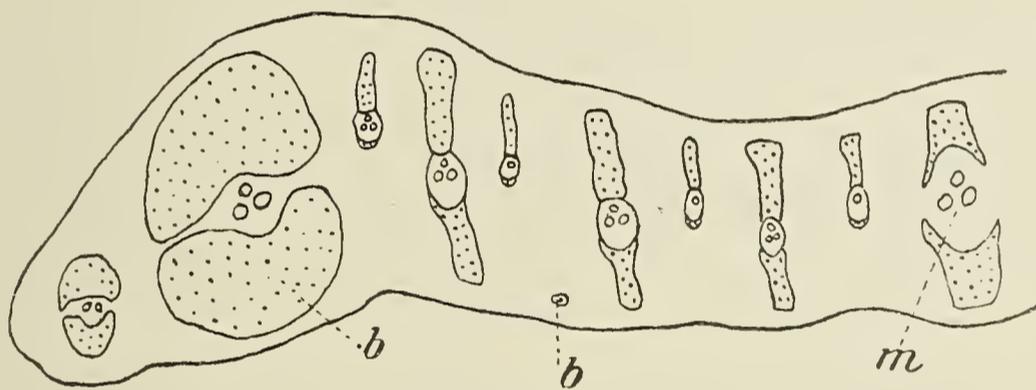


Fig. 6.

Querschnitt des Fächerstrahlenrandes von *Hyphaene thebaica* (Exemplar vom natürlichen Standort). — m Mestom. b Bast.

gewebe erscheint am Querschnitt nur wenig, am Längsschnitt dagegen stark palisadenartig, so daß die Zellen in Tafelform parallel dem Querschnitt angeordnet sind. Indem ferner die Interstitien nur von mäßiger Weite sind, besitzt das Mesophyll xerophilen Charakter.

Die Mestombündel (Fig. 6, m) sind recht schmal, aber zahlreich, besitzen ein relativ kleines Leptom und werden an den bastfreien Regionen von großen, farblosen Parenchymscheidenzellen begleitet. Das Skelett ist sehr kräftig, und seine Elemente sind derart angeordnet, daß es in hohem Grade geeignet ist, die Querschnittform des Blattes zu erhalten, sei es bei etwaiger Inanspruchnahme auf Biegung oder bei Wassermangel während der Zeit starker Transpiration. Es besteht der Hauptsache nach aus I-Trägern, die gebildet werden aus den schmalen, aber sehr hohen Bündelbelegen (Fig. 6, b), die an beiden Blattseiten das Wasser- gewebe erreichen, dieses aber dem Prinzip der Festigkeit zuwider nirgends verdrängen, ein Zeichen, wie wichtig das subepidermale Wasserreservoir für unsere Palme sein muß. Durchschnittlich jedes zweite Bündel, das kleiner ist als die übrigen Bündel, hat jedoch

zwar einen fast ebenso hohen Hadrom-, aber nur einen winzigen Leptombelag (Fig. 6). Außerdem tauchen unter dem Wassergewebe aus sehr wenig Zellen bestehende Bastrippen auf, von denen diejenigen der Unterseite oft den eben genannten kleinen Bündeln apponiert stehen. An der Oberseite erreichen die wenigen solcher bündelfreien subepidermalen Bastrippen in einzelnen Fällen eine recht beträchtliche Höhe. Sämtliche Zellen des Skelettgewebes sind mehr oder minder weithlumig.

Als Träger sind ferner die Hauptrippen von Wichtigkeit. Die Mittelrippe der induplizierten Strahlen des gleichmäßig gefächerten Blattes zeigt in der Mitte ein großes Mestombündel mit ganz enormem Leptom-, aber relativ schwachem Hadrombelag. Außerdem befinden sich in der Mittelrippe einige an das unterseitige Wassergewebe grenzende, mehr oder weniger hohe Bastrippen, an die sich meistens je ein kleines Leitbündel lehnt, welches aber des Hadrombeleges vollständig entbehrt.

Die in der Lamina befindlichen wenigen Queranastomosen bestehen aus Sieb- und Gefäßteil und sind nur von wenigen dickwandigen Zellen begleitet. Der Rand (Fig. 6) der Strahlen dagegen ist in hohem Grade gegen scherende Kräfte gefestigt, indem das rundliche zweitletzte Gefäßbündel ganz enorme Bastbelege besitzt, die hier eine schwache Verdickung des Blattes veranlassen, aber keineswegs das Wassergewebe verdrängen. Wegen der mächtigen Skelothülle des Bündels treten die Zugänge stark in die Erscheinung. Das nahe gelegene letzte Bündel ist kleiner, besitzt aber im Vergleich zu seiner Größe gleichfalls sehr kräftige Belege.

Das Blatt vom Treibhausexemplar ist im Vergleich zu dem des Tropenexemplares erheblich dünner und die I-Träger sind infolgedessen entsprechend niedriger. Die Wände sämtlicher Zellen des Blattgewebes sind schwächer. Desgleichen ist die Cuticularschicht der Außen- und Radialwände der Epidermiszellen etwas dünner. Das Assimilationsgewebe der mittleren Partie ist als Schwammparenchym entwickelt. Endlich zeigten sich beim Treibhausexemplar in der Mitte des Mesophylls ziemlich zahlreiche Raphidenschläuche, die ich beim Tropenexemplar nie bemerkt habe.

b. Fiederpalmen.

12. *Cocos plumosa* Hook.

stammt aus Brasilien. Daß sie hier wahrscheinlich Standorte mit ausgesprochenen Trockenperioden bewohnt, ist aus dem inneren Bau der assimilierenden Organe zu schließen. Diese besitzen nämlich einen stark xerophilen Charakter, der in nachstehender Beschreibung der Anatomie besonders zum Ausdruck gekommen ist.

Die Epidermiszellen der Oberseite haben gleiche Länge und Breite, ihre Höhe aber ist durchweg etwas geringer. Die Radial-

und Querwände sind ziemlich derb, aber ohne Poren. Dünnwandiger und durchschnittlich etwas länger und breiter sind die Wassergewebezellen. Indem mit ihnen aber die Epidermiszellen gleiche Höhe besitzen, so haben diese jedenfalls einen erheblichen Anteil an der Funktion des peripherischen Wasserreservoirs. Die Außenwand besitzt eine kolossale Dicke. An der geschützten Seite der unteren Seite der zurückgeschlagenen Fiedern, ist die Außenwand weit schwächer und das Lumen der Epidermis- und Wassergewebezellen im Querschnittsbild viel kleiner. Die Epidermiszellen dieser Blattseite sind nur schmal und zwischen den Spaltöffnungsreihen in der Längsrichtung des Blattes gestreckt. Ihre Höhe, die der Breite etwa gleich ist, wird wenig oder garnicht von der Höhe der Wassergewebezellen überschritten. Größer als die Höhe der letzteren ist ihre Breite, namentlich aber ihre Länge. Sie sind wie die Radial- und Querwände der unterseitigen Epidermiszellen dünnwandig. Sämtliche Wände der Epidermiszellen an Ober- und Unterseite sind bis auf eine äußerst dünne, das Lumen auskleidende Schicht cutinisiert, und überdies ist die Außenwand beider Seiten von einer Wachsschicht bedeckt.

Ist in der enormen Verdickung der Epidermisaußenwand der Oberseite, in der vollständigen Cutinisierung sämtlicher Wände der Epidermiszellen der Ober- und Unterseite, sowie in dem Wachsüberzug beider Seiten ein sehr wirksamer Transpirationsschutz gegeben, so tritt ferner an dem Mesophyll der xerophile Charakter zutage, indem das Durchlüftungssystem, wie wir gleich sehen werden, auf ein Minimum reduziert ist. Das raphidenfreie Assimilationsparenchym ist bis auf die unterste Schicht als Palisadengewebe entwickelt, und die Elemente selbst dieser Schicht erscheinen, wenn auch nicht am Quer-, so doch am Längsschnitt palisadenartig, so daß sie parallel zum Querschnitt gelagerte Platten darstellen. Die Interzellularkanäle sind sehr eng. Desgleichen ist die innere Atemhöhle der Spaltöffnungen recht klein. Diese sind zwar wenig oder garnicht eingesenkt, sind aber auf die geschützte Unterseite der zurückgeschlagenen Fiedern beschränkt. Auch sind die die Spalte auskleidenden Wandungen fast ganz cutinisiert, und Vor- und Hinterhof schließen mit starken Cuticularhörnchen ab.

Sollte trotz der genannten Schutzvorrichtungen gegen zu starke Transpiration diese hin und wieder auf ein paar Stunden über die Wasserzufuhr die Oberhand gewinnen, so ist das beschriebene Wasserreservoir immerhin derart, daß es den entstandenen Verlust auf seine Kosten zu übernehmen vermag und somit das assimilierende Gewebe ungeschädigt bleibt.

Die Mestombündel haben ein im Vergleich zum Hadrom auffallend großes Leptom: Die kleinen Bündel besitzen nur einen Leptobelag, der keineswegs sehr oft zweischichtig wird, und die großen sind von einem höchstens zweischichtigen Skelettring umgeben, dessen Zugänge aus dickwandigem porenreichen Parenchym bestehen. Die großen Bündel erreichen mit ihren Belegen nur an der Oberseite das Wassergewebe, während sie von demjenigen der Unterseite durch grünes Parenchym getrennt bleiben. Sie nehmen

aber trotzdem die Mitte des Querschnittes ein, da die oberseitigen Epidermis- und Wassergewebezellen höher sind als die unterseitigen, und das Wassergewebe der Oberseite über den großen Bündeln meistens zweischichtig wird. Die vielen kleinen Bündel jedoch liegen mit sehr wenigen Ausnahmen unterhalb der Mitte, und jedes zweite von ihnen erreicht mit seinem Leptombelag das Wassergewebe, meistens sogar die Epidermis.

Das Hauptskelett der Lamina bilden die kräftigen subepidermalen Bastrippen der Oberseite, die durchschnittlich die Form etwas erhöhter Balken haben und nur selten die Wassergewebezellen verdrängen. An der Blattunterseite finden sich zwischen den Leptombelegen der kleinen Gefäßbündel direkt unter der Epidermis kleine, nur aus eins bis fünf oder sechs, höchstens aus sieben Bastfasern bestehende Gruppen, die jedoch auch zwischen den großen Balken der Oberseite vereinzelt auftauchen, hier aber fast stets unter dem Wassergewebe bleiben und nur selten an die Epidermis vordringen. Ihre Hauptbiegungsfestigkeit aber erlangen die schmalen, langen Fiedern des gleichmäßig segmentierten Blattes durch den starken mechanischen Hohlzylinder der Mittelrippe.

Gegen scherende Kräfte ist die Fieder ebenfalls in ausgiebiger Weise gesichert. Zahlreiche, mit einer sehr starken Bastscheide versehene Queranastomosen ziehen in der Lamina von Bündel zu Bündel. In der etwas verdickten Randpartie, in der die subepidermalen Skelettrippen allerdings vollständig fehlen, befindet sich in der Mitte des Mesophylls ein mächtiger massiver Bastzylinder, an den sich an der dem Rande abgewendeten Flanke ein kleines Leitbündel lehnt. Die Außenwand der an der Randkuppe vielfach aus recht hohen Zellen bestehenden, ununterbrochenen Epidermis wird nach dem Rande zu allmählich stärker.

Die Untersuchung eines Treibhausexemplares lehrte, daß die veränderten Lebensbedingungen auf den anatomischen Bau des Blattes einen entsprechenden Einfluß ausgeübt haben. Die Lamina ist nämlich erheblich dünner. Vor allen Dingen aber sind die Außenwände der Epidermiszellen, namentlich der Oberseite, sehr viel schwächer und zeigen auch nur eine dünne Cuticula, die sich als dünne Lamella in die Radial- und Querwände fortsetzt. Die subepidermalen Bastrippen der Oberseite sind sehr stark reduziert. Die Spaltöffnungen sind nicht im geringsten eingesenkt, und das Mesophyll ist namentlich in der unteren Hälfte weit weniger gut als Palisadengewebe entwickelt.

13. *Cocos coronata* Mart.

Diese Art stammt ebenfalls aus Brasilien. Sie ist nach Drude's Angaben (Drude II. p. 19) in den zur trocknen Winterzeit dürr und unbelaubt dastehenden Wäldern der Provinz Minas Geraes in Brasilien neben den Epiphyten auf den Laubbäumen oft das einzige Grün. Es ist daher begreiflich, daß auch die Blätter von *Cocos coronata* einen xerophilen Bau aufzuweisen haben, dessen

Beschreibung ich hier in kurzen Worten mit Bezugnahme auf *Cocos plumosa* folgen lasse.

Die Außenwand der Oberseite ist etwas dünner. Die subepidermalen Bastrippen der Oberseite sind durchschnittlich schwächer, dafür aber in etwas größerer Anzahl vorhanden. Die großen Leitbündel sind mächtiger, zeigen eine Teilung des Leptoms in vier Gruppen durch relativ schwache, aus dickwandigen Zellen bestehende Lamellen, und ihre Belege sind weit kräftiger. Gleichfalls sind die Leptombelege der an der Unterseite gelegenen kleinen Bündel, die bei dieser Species nirgends an die Epidermis vordringen, durchschnittlich etwas stärker, als bei *Cocos plumosa*. Im übrigen aber stimmt die Lamina-Anatomie mit derjenigen von *Cocos plumosa* in den Hauptzügen überein.

14. *Chrysalidocarpus lutescens* Wdl.

Die Heimat dieser Palme ist wahrscheinlich die kleine Inselgruppe der Maskarenen, woselbst keine Trockenperioden eintreten. Ganz im Einklang mit Klima und Standort zeigen die assimilierenden Organe von *Chrysalidocarpus lutescens* einen hygrophilen Charakter.

Die Epidermiszellen beider Seiten sind in der Längsrichtung der Fieder gestreckt und erscheinen am Flächenschnitt häufig mehr oder minder zugespitzt, so daß in diesen Fällen eigentliche Querwände fehlen. Die Höhe dieser Zellen ist geringer als die Breite. Die Außenwand ist nur wenig derber als die schwach verdickte Innenwand und besitzt auch nur eine dünne Cuticularschicht, die sich in die Radialwände bis zu deren halber Höhe erstreckt. Die Epidermis, namentlich die etwas höhere der Oberseite, nimmt einen nicht unerheblichen Anteil an der Funktion des Wassergewebes, zumal die Radialwände nur dünn sind und überdies starke Tüpfelung zeigen. Während die subepidermale Schicht der Unterseite nur stellenweise als Wasserreservoir anzusprechen ist, ist diejenige der Oberseite vollständig farblos und nur über den größten und mittelgroßen Mestombündeln von grünen Palisadenzellen verdrängt. Die dünnwandigen Wassergewebezellen sind höher als die Epidermiszellen und erscheinen am Querschnitt durchweg deutlich quergestreckt. Indessen lehrt der Flächenschnitt, daß die Länge in vielen Fällen der Breite fast oder sogar ganz gleichkommt.

Neben der relativ dünnen, schwach cutinisierten Epidermisaußenwand sind es die Stomata und das Mesophyll, an denen der hygrophile Charakter unserer Palme zum Ausdruck gekommen ist. Die nur an der Unterseite befindlichen Stomata zeigen nicht die geringste Einsenkung und besitzen eine große innere Atemhöhle. Das dünnwandige, raphidenarme Mesophyll ist, abgesehen von der Palisadenschicht der Oberseite, als typisches Schwammgewebe entwickelt, und damit ist ein geräumiges Durchlüftungssystem gegeben.

Während bei den kleinen Gefäßbündeln das Leptom ungeteilt bleibt, zeigt dasjenige der größten und mittleren Bündel zwei größere und zwei kleinere, mehr seitlich gelegene Gruppen. Fast sämtliche Bündel haben Leptom- und Hadrombelege, die bei den

kleinen Bündeln jedoch sehr winzig und nur bei den sehr vereinzelt auftretenden größten Bündeln nennenswert sind, denen man aber selbst in dem letzten Falle schwerlich mehr als die Bedeutung lokalmechanischen Schutzes zusprechen darf. Die Belege selbst dieser größten Bündel, die sogar als schwache Rippen erscheinen, bleiben von dem Hautgewebe (vgl. oben) durch grüne Zellen getrennt. Im Chlorophyllgewebe zerstreut finden sich kleine, aus ein bis vier, selten aus fünf feinen Fasern bestehende Bastgruppen, die sehr wahrscheinlich zur Festigung des assimilierenden Gewebes dienen und somit ebenfalls lokale Bedeutung haben; wenigstens lassen sie ihrer Lage und Schwäche wegen eine andere Deutung nicht zu.

Die Hauptbiegungsfestigkeit erlangt die reduplizierte Fieder des gleichmäßig gefiederten Blattes durch das Skelett der Mittelrippe. Die Elemente des mechanischen Hohlzylinders ordnen sich zu einem hohen, mit starken, das Hautgewebe erreichenden Gurtungen und dünnen seitlichen Verbindungsplatten versehenen Träger. Unter den Mestombündeln innerhalb des Zylinders haben einige ein zweiteiliges Leptom. Auch finden sich hier vollständig isolierte, meistens ganz von Bast umgebene Leptomgruppen, die in ihrem Längsverlaufe notwendig stellenweise mit dem Parenchym der weiteren Umgebung in Kommunikation stehen müssen. Das Schwellgewebe zu beiden Seiten des ellipsenförmigen Skelettringes führt Chlorophyll, und seine Zellen sind in Kurven, in Linien des größten Druckes angeordnet (vgl. allg. Teil, p. 93 und 94).

Die wenigen Queranastomosen der Lamina sind nur schwach. Übrigens sind auch die Fiedern ihrer schmalen Lanzettform wegen weniger der Gefahr des Einreißen parallel der Längsachse ausgesetzt. Gegen seitliches Einreißen dagegen bedürfen und besitzen die langen Blattsegmente einen besonderen Schutz. Kurz vor dem äußersten Rande verdoppelt sich die Dicke der Lamina, und diese führt dort ein sehr großes, mit kräftigen Bastsicheln versehenes Gefäßbündel, dessen Leptom in sechs oder acht Gruppen gesondert ist. Ferner lehnen sich an der Randkuppe einige kleine Bastgruppen direkt an die Epidermis oder an das Wassergewebe an. Überdies ist die Epidermisaußenwand in der Randpartie ziemlich stark verdickt.

Bei dem von mir untersuchten Treibhausexemplar ist auch das Wassergewebe der Oberseite mehr oder minder reich an Chlorophyll. Im übrigen aber sind erklärlicherweise keinerlei nennenswerte Abweichungen zu konstatieren.

15. *Phoenix zeylanica* Trim.

Das von mir untersuchte Material stammt aus dem nördlichen, wüstenartigen Teil Ceylons. Inwiefern sich auch bei dieser Palme die Ansicht bestätigt, daß der anatomische Blattbau einer Pflanze der Ausdruck ihrer Lebensbedingungen ist, mag folgende Beschreibung zeigen.

Phoenix gehört zu denjenigen wenigen Fiederpalmen, die induplizierte Blattsegmente besitzen. Die Teilung erfolgt in den

oberen Kanten, so daß jede Unterkante, in der bei der Gattung *Phoenix* sich keine Leitbündel entwickeln, als Mittelrippe der einzelnen Fieder des gleichmäßig segmentierten Blattes erhalten bleibt. In der Mittelrippe fehlt mit den Gefäßbündeln auch der Skelettring (vgl. p. 92). Das umfangreiche, ungeteilte (vgl. p. 94) Schwelligewebe, dessen Zellen palisadenartig sind, ist durch kleine Bastbündel gefestigt.

Die lanzettförmigen, induplizierten Fiedern von *Phoenix zeylanica* sind nur klein, aber äußerst derb. Die Epidermiszellen (Fig. 7, e) haben eine geringe Breite und eine noch geringere Höhe. Diejenigen zwischen den noch zu besprechenden Spaltöffnungsreihen der Unterseite sind parallel der Längsachse der Fieder deutlich gestreckt und haben dünne Radial- und Querwände. Solche Elemente finden sich an der Oberseite in sehr geringer Zahl, und zwar mehr oder weniger zerstreut. Alle übrigen Epidermiszellen der Ober- und Unterseite haben etwa gleiche Länge und Breite, und ihre Radial- und Querwände sind nicht unerheblich verdickt. Die

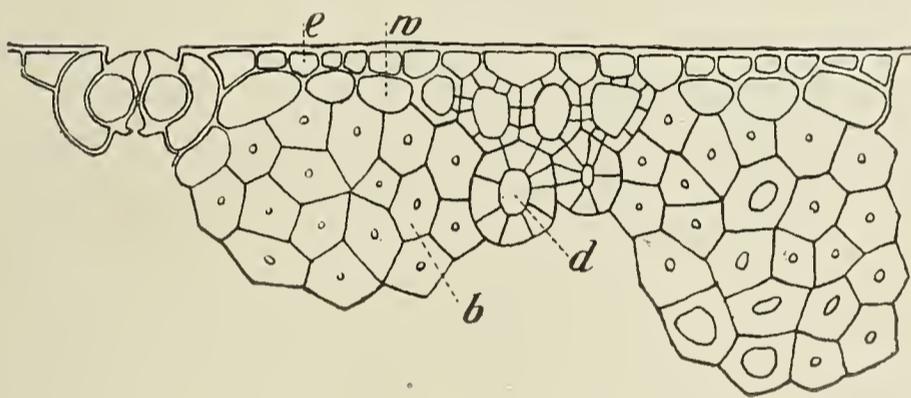


Fig. 7.

Teil eines Querschnittes der Blattlamina von *Phoenix zeylanica* (Exemplar vom natürlichen Standort). — e Epidermis der Oberseite. w Wassergewebe. d dickwandiges Parenchym zwischen den subepidermalen Bastrippen (b).

Außenwand der Oberseite erreicht eine nicht zu unterschätzende Stärke, und diejenige der Unterseite steht ihr in dieser Beziehung kaum ein wenig nach. Sämtliche Wände der Epidermiszellen an der Ober- und Unterseite sind bis auf eine äußerst dünne, das Zellumen auskleidende Schicht cutinisiert.

Auf die Epidermis folgt über den noch zu besprechenden subepidermalen Bastrippen (Fig. 7, b) eine verhältnismäßig niedrige Hypodermis (w), in deren verdickte Wände sich von der Epidermis aus eine dünne Korklamella hinein erstreckt. Letzteres gilt auch von den größeren, subepidermal zwischen den Bastrippen (b) gelegenen, meistens sehr starkwandigen, porösen, farblosen Zellen (d), auf die ich bei der Besprechung des Skelettes zurückkommen werde. Als Hautauswüchse erwähne ich die Warzen, welche sich nicht selten an der Unterseite der Mittelrippe finden. Die an der Unterseite in sehr großer, an der Oberseite dagegen in geringer Anzahl auftretenden Spaltöffnungen sind zwar nicht eingesenkt, ihre Spalte aber besitzt eine derbe Cuticularauskleidung mit starken äußeren und inneren, den Vor- bzw. Hinterhof ab-

schließenden Hörnchen, und die innere Atemhöhle ist in hohem Grade reduziert.

Neben der beschriebenen weitgehenden Cutinisierung des Hautgewebes sind es die äußerst starke Reduzierung des Durchlüftungssystems und das Vorhandensein eines sehr derben Skelettmantels, die *Phoenix zeylanica* zu einer xerophil gebauten Pflanze stempeln.

Die subepidermalen Bastrippen (b) sind sehr stark, namentlich diejenigen der Oberseite (Fig. 7), und erscheinen am Querschnitt mehr oder minder kreisrund oder dorsiventral etwas abgeplattet. Sie stehen zu beiden Seiten einander so nahe, daß auf dem Querschnitt sehr selten mehr als eine Spaltöffnung zwischen ihnen Platz findet. Auf diese Weise erklärt sich die Anordnung der Stomata zu Längsreihen. Sämtliche subepidermale Rippen sind miteinander verbunden durch die bereits bei der Besprechung des Hautgewebes erwähnten sklerenchymatischen Zellen (d), die im ganzen und großen isodiametrisch sind. Die Stärke der Wandverdickung wechselt mit der Zelle im höchsten Grade. Einige dieser Elemente sind sehr weitlumig und haben nur schwach verdickte Wände; andere dagegen kommen typischen Steinzellen sehr nahe. Zwischen beiden Extremen gibt es nun alle Übergänge. Diese mehr oder weniger dickwandigen, die Bastrippen verbindenden Parenchymzellen grenzen an die Epidermis, so daß sie hier, morphologisch wenigstens, die Stelle des Hypoderms vertreten. Daß sie auch physiologisch den Zellen des letzteren gleichwertig sind, sollte man meinen, zumal sie zu diesen in Form und Wandverdickung die weitgehendsten Übergänge zeigen, überdies ebenfalls farblos sind und in ihren Wänden zahlreiche Tüpfel besitzen. Daß sie der größten Mehrzahl nach weit dickwandiger sind als die Hypodermzellen über den Bastrippen und überdies meistens zwei, vielfach nicht scharf abgesetzte Schichten bilden, deutet auf eine zweite, vielleicht ihre größte physiologische Bedeutung: sie erhöhen als Verbindungsmaterial der Bastrippen deren Leistungsfähigkeit. Die Fieder besitzt also einen starken subepidermalen Skelettmantel. Damit ist die Möglichkeit des Schrumpfens bei starker Dürre wesentlich herabgesetzt, und es unterliegt wohl keinem Zweifel, daß selbst die Transpiration durch den Skelettmantel bis zu gewissem Grade verlangsamt wird, zumal die Wände der besagten Sklerenchymzellen eine, wenn auch nur dünne, Suberinlamelle zeigen. Die aus reiner Cellulose bestehenden Bastrippen besitzen nun zwar eine keineswegs geringe Permeabilität für Wasser: immerhin aber würde die Transpiration meines Erachtens erheblich schneller erfolgen, wenn statt der gedrängt stehenden mächtigen Bastbalken dünnwandiges Grundparenchym den betreffenden peripheren Raum unter dem Hautgewebe einnehmen würde. Der beschriebene Skelettmantel ist nur durch die wiederholt erwähnten Spaltöffnungen in den Reihen dickwandigen Parenchyms unterbrochen. Da die Stomata an der Unterseite sehr zahlreich sind, so bildet das dickwandige Parenchym hier lauter Brücken oder

Leisten, die zwischen den Spaltöffnungen von einer subepidermalen Bastrippe zur benachbarten führen.

Die assimilierenden Zellen der ersten Schicht der Oberseite sind ein wenig palisadenartig gestreckt. Alle übrigen sind polygonal tafelförmig und parallel zum Blattquerschnitt geschichtet, so daß das ganze Mesophyll an Radialschnitten mehr oder weniger palisadenartig erscheint. Das Interzellularsystem ist zwecks Herabsetzung der Transpiration, also in Anpassung an den trockenen Standort, auf ein Minimum reduziert.

In der Mitte des Mesophylls, vollständig von diesem umschlossen, verlaufen die Leitbündel. Diese sind fast alle verhältnismäßig recht klein und haben in diesem Falle nur über dem Leptom eine Lage sehr feiner Bastfasern, während sie bezüglich des übrigen Teils ihrer Peripherie von einer Schicht etwas dickwandigen Parenchym umgeben sind. Selbst die wenigen etwas größeren Bündel besitzen einen nur zwei- bis dreischichtigen Hadrom- und Leptombelag, so daß die Belege sämtlicher Bündel keineswegs mehr als den Zweck lokalmechanischen Schutzes haben. Die erstgenannten kleinen Bündel zeigen entweder eine rings geschlossene Parenchymseide, oder diese ist über dem Leptom durch den winzigen Bastbelag unterbrochen, während die wenigen etwas größeren Bündel nur an den Flanken Scheidenzellen besitzen.

Die recht wenigen Queranastomosen sind nur schwach. Eine große Anzahl und Stärke derselben scheint auch überflüssig zu sein, da die Fiedern nur sehr schmal sind und die Gefahr des Einreißen parallel der Längsachse daher nicht sehr nahe liegt, zumal in der Lamina ohnehin schon der fast kontinuierliche Skelettmantel auch in dieser Beziehung eine gewisse Festigkeit bietet. Die Tatsache, daß die Fiedern in ihrer nach unten gewendeten Kante oft etwas einreißen, hat augenscheinlich darin ihren Grund, daß hier das innere Skelett einer Mittelrippe vollständig fehlt und der subepidermale Skelettmantel an der Oberseite durch das sehr umfangreiche Schwellgewebe unterbrochen ist. Auch die Gefahr des seitlichen Einreißen liegt schon ferner, da die Fiedern nur sehr kurz sind und überdies das subepidermale Skelett schon genügenden Widerstand leistet. Daher hat der Rand auch nur insofern eine Verstärkung erfahren, als die genannten Rippen und die Außenwand der nicht vollständig geschlossenen normalen Epidermis hier etwas stärker sind.

Wie sehr *Phoenix zeylanica* in ihrem anatomischen Blattbau auf die veränderten Lebensbedingungen reagiert, lehrte die Untersuchung eines Treibhausexemplares. Die Fiedern sind nur reichlich halb so dick, als die vom Tropenexemplar. Die Außenwand der Epidermiszellen ist ganz erheblich schwächer. Sehr dünn sind ferner die Radial- und Querwände der Epidermiszellen, sowie sämtliche Wände der Hypodermzellen. Dementsprechend haben die beim Tropenexemplar erwähnten Cuticularschichten hier eine geringere Dicke. Bedeutend stark reduziert aber sind die subepidermalen Bastrippen. Diese haben überdies größere Abstände und sind nicht durch dickwandiges Parenchym miteinander verbuuden.

Es findet sich vielmehr unter der Epidermis eine kontinuierliche, überall gleich gebaute Hypodermis-schicht. Auch die Bündelbelege sind durchschnittlich etwas schwächer. Die Anzahl der Spaltöffnungen der Unterseite ist geringer als beim Tropenexemplar, während an der Oberseite das umgekehrte Verhältnis statthat. Zum Schluß bemerke ich noch, daß im Mesophyll ganz vereinzelt ein Raphidenschlauch auftauchte, während ich beim Tropenexemplar überhaupt keine zu entdecken vermochte.

16. *Arenga Wightii* Griff.

Diese Palme mit gleichmäßig gefiederten Blättern bewohnt die Inseln des indischen Archipels, wird aber auch auf dem Festlande Asiens angetroffen. Ihre Lieblingsplätze sind dichte, schattige Waldungen in der Nachbarschaft von Flüssen und Bächen. Da ferner in dem genannten Gebiete keine ausgesprochene Trockenheit eintritt, so entsprechen die Blätter unserer Palme in ihrem anatomischen Bau ganz den klimatischen Faktoren, indem sie einen hygrophilen Charakter tragen, wie aus folgender Darstellung hervorgeht.

Es handelt sich hier wie bei *Phoenix* um induplizierte Fiedern, deren Mittelrippe (Fig. 8) also eine untere Hauptrippe ist. Die Epidermiszellen der Blattoberseite sind von mittlerer Größe und ihre Radialwände verlaufen am Flächenschnitt in einer Schlangenlinie. Trotzdem könnte man sie im ganzen und großen als isodiametrisch bezeichnen, wenn nicht viele mehr oder minder gestreckt wären und zwar unter einem spitzen Winkel zur Längsachse der Fieder. Die Außenwand ist keineswegs stark und besteht kaum zur Hälfte aus einer Cuticula, die sich in die schwachen Radialwände nur bis zu deren halber Höhe erstreckt. Nur wenig dicker als die Außenwand sind die Innenwände.

Die Epidermiszellen der Unterseite zeigen am Querschnitt ein sehr winziges Lumen. Viele von ihnen sind parallel der Hauptachse der Fieder mehr oder minder gestreckt. Die Außenwand ist recht dünn, viel schwächer als die der Oberseite und besitzt nur eine sehr dünne Cuticula. Von auffallender Stärke sind im Vergleich zur Außenwand die Innenwände, die aus reiner Zellulose bestehen. Die Verdickungen in den Winkeln, die die Radial- und Querwände mit den Innenwänden bilden, sind derart, daß das Zelllumen im Querschnitt und oft auch im Längsschnitt etwa einem Halbkreise gleicht, das heißt, falls die Außenwand gerade verläuft, wie es hier Regel ist. Die Radial- und Querwände verjüngen sich also allmählich von der inneren bis zur äußeren Tangentialwand. Sie erscheinen am Flächenschnitt recht dick und klein gewellt.

Das einschichtige Wassergewebe ist an der Oberseite besser ausgebildet als an der Unterseite. Die Wassergewebezellen der Oberseite sind ziemlich großlumig, relativ derbwandig und quer-gestreckt, während diejenigen der Unterseite zwar durchweg dieselbe Form haben, aber kleiner und dünnwandiger sind. So kommt

es, daß die Radial- und Querwände der Wassergewebezellen der Oberseite reichlich so dick sind, als diejenigen der Epidermiszellen derselben Seite, und an der Unterseite dagegen das umgekehrte Verhältnis statthat.

Auch an dem Mesophyll, in dem sich nur wenige Raphidenschläuche finden, ist der hygrophile Charakter zum Ausdruck gekommen. Auf die beiden dünnwandigen Palisadenschichten folgt ein ebenso dünnwandiges, sehr lakunöses Schwammparenchym. In der unteren Blatthälfte verlaufen die kleinen Mestombündel, deren Leptombelag durch nur eine Mesophyllschicht von dem Wassergewebe der Unterseite getrennt bleibt. Die größeren Bündel dagegen übersteigen die Mitte, und die größten bringen an den be-

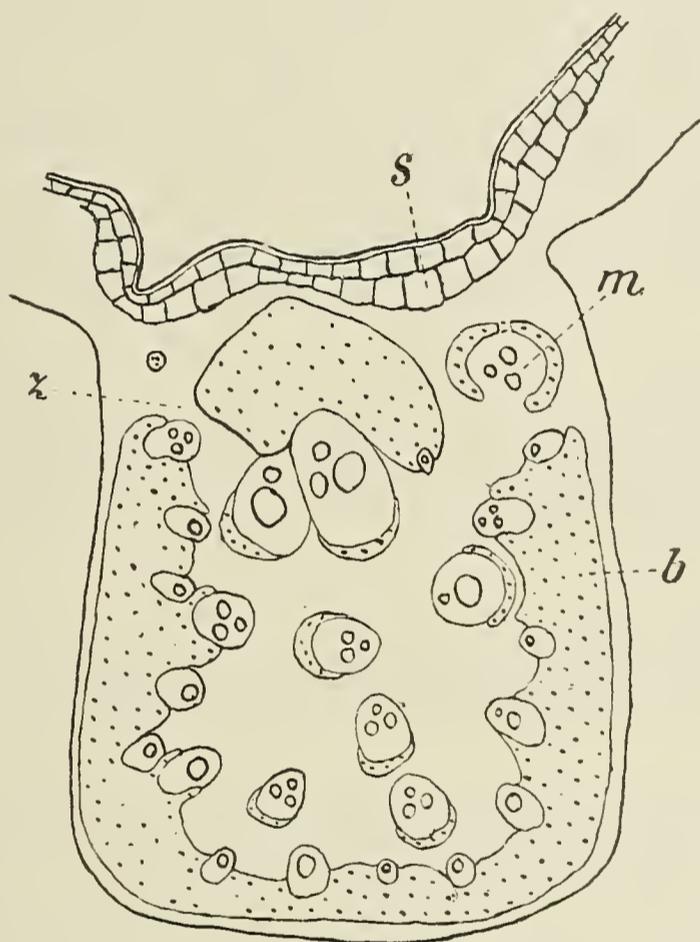


Fig. 8.

Querschnitt der Mittelrippe einer Blatffieder von *Arenga Wightii* (Exemplar vom natürlichen Standort). — m Mestom. b Bast. z Zugänge. s Schwelligewebe.

treffenden Stellen das Palisadengewebe völlig zum Verschwinden: ihre Belege bleiben wie an der Unter-, so auch an der Oberseite von dem Wassergewebe durch nur eine Schicht isodiametrischer Mesophyllzellen geschieden. Die Hadrom- und Leptombelege der kleinen, sowie der großen Bündel haben kaum mehr als die Bedeutung lokalmechanischen Schutzes.

Die kleinen, aus ein bis acht weitleumigen Bastfasern bestehenden, über dem ganzen Querschnitt des Mesophylls zerstreut liegenden Gruppen sind keine durchgehenden Stränge und werden daher vorzugsweise lokale Bedeutung haben. Zweifelsohne dienen sie der Festigkeit des assimilierenden Gewebes zwecks Verhütung von Zerrungen, sind aber wenig oder garnicht geeignet, die Zugbeziehentlich Biegefestigkeit zu erhöhen. Als Träger der Fieder

fungiert vielmehr fast allein das Skelett der oben erwähnten Mittelrippe (Fig. 8), dessen Elemente im ganzen und großen zu einem überaus biegungsfesten Hohlzylinder angeordnet sind. Gegen seitliches Einreißen sind die Fiedern in hohem Grade geschützt. Die Belege der beiden letzten Mestombündel sind nämlich miteinander verschmolzen und haben eine besondere Mächtigkeit gewonnen. Gegen das Zerschlitzen parallel ihrer Längsachse sind die Blattsegmente nur wenig gesichert, da die Queranastomosen nur schwach und in geringer Anzahl vorhanden sind.

Lehrt schon die Beschreibung der verschiedenen Gewebearten, daß das Blatt durchaus hygrophil gebaut ist, so wird dies durch den Bau der zahlreichen, nur an der Unterseite befindlichen Spaltöffnungen bestätigt. Diese sind nicht eingesenkt, haben aber eine große innere Atemhöhle: beides Eigenschaften, die den hygrophilen Typus kennzeichnen. Ferner ist die Cuticula der Kanalwandungen sehr dünn. Die steilen äußeren Cuticularhörnchen zeigen auf dem Flächenschnitt an der Eisodialöffnung zarte, in der Richtung des Kanals verlaufende Rippen.

An der Blattunterseite finden sich ferner zahlreiche Hautgebilde (Fig. 9), die denjenigen ähnlich sind, welche Bobisut

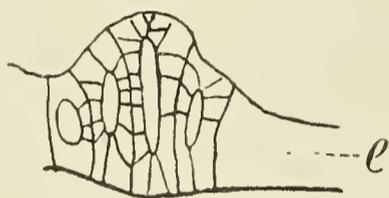


Fig. 9 a.

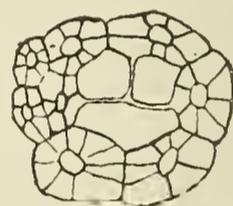


Fig. 9 beta.

Trichom einer Blattfieder von *Arenga Wightii* (Exemplar vom natürlichen Standort).
a im Blattquerschnitt (e Epidermis), beta im Blattflächenschnitt.

(l. c. p. 15—18) bei der Darstellung der Blattanatomie von *Arenga saccharifera* beschreibt. Auch der filzartige Überzug der Blattunterseite, über den sich Bobisut in sehr eingehender Weise äußert, findet sich bei der von mir untersuchten Art wieder. Doch ließ sich bei dem mir zur Verfügung stehenden Material nicht mit Sicherheit feststellen, daß dieser Überzug aus Schildhaaren besteht, deren Fußstücke die obengenannten Hautgebilde sind, wie Bobisut behauptet.

17. *Wallichia densiflora* Hook.

„Die Wallichien sind“ nach Seemann (l. c. p. 244) „niedrige wuchernde Palmen“ und „bilden in den Waldungen von Chittagong in Assam einen Teil des Unterholzes und tun dasselbe zu Darjeling und in den Vorbergen des Himalaya“. In diesen Gebieten herrscht während des Sommers (April bis Oktober) der Südwestmonsun, der die allgemeine Regenzeit verursacht, während in der anderen Jahreshälfte unter dem Einflusse des Nordostmonsuns im ganzen und großen Trockenheit herrscht. Dieser Trockenperiode wegen wäre bei *Wallichia densiflora* ein mehr xerophiler Blattbau zu erwarten. Da jedoch diese Palme nach dem obigen eine niedrige Schattenpflanze ist, so dürften die Schutzeinrichtungen gegen übermäßige

Transpiration nur in sehr mäßiger Ausbildung vorhanden sein. Diese Erwartungen werden bestätigt durch die folgende Beschreibung der Blattanatomie.

Wallichia ist eine dritte Gattung mit induplizierten Blattfiedern, so daß die Mittelrippe der einzelnen Fiedern des gleichmäßig gefiederten Blattes eine untere Hauptrippe ist. Am Querschnitt durch die Fiederlamina von *Wallichia densiflora* zeigen die Epidermiszellen ein recht niedriges Lumen, haben aber eine nicht geringe Breite und eine recht beträchtliche Länge. Sie laufen der Längsachse der Fieder parallel und erscheinen am Flächenschnitt an den Enden mehr oder minder zugespitzt. Die Radialwände sind sehr dünn. Etwas derber ist schon die innere Tangentialwand. Sehr dick ist allein die Außenwand, namentlich die der Oberseite. Doch ist die Cuticula, die auf die Radialwände bis zu deren halber Höhe in schwacher Ausbildung übergreift, nur von mäßiger Stärke. Die Zellen des einschichtigen, an der Oberseite gut, an der Unterseite dagegen weniger gut ausgeprägten Wassergewebes sind quergestreckt und in regelmäßigen Längsreihen angeordnet. Ihre Wände sind dicker als die Radialwände der Epidermiszellen.

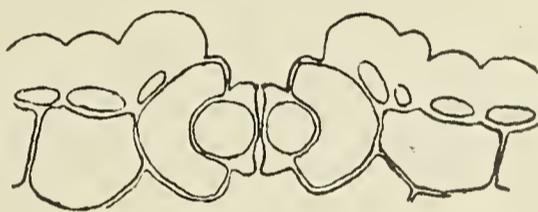


Fig. 10.

Spaltöffnungsapparat im Querschnitt einer Blattfieder von *Wallichia densiflora* (Exemplar vom natürlichen Standort).

Ist in der mittelstarken Cuticula ein mäßiger Transpirationsschutz gegeben, so hat das jetzt zu beschreibende Mesophyll durchaus hygrophilen Charakter, während die Stomata wiederum einen mehr xerophilen Typus zeigen.

Auf das Wassergewebe der Oberseite folgt eine Palisadenschicht, in der sich nicht wenige Raphidenschläuche finden. Das übrige Mesophyll ist als Schwammparenchym entwickelt. Das somit gut ausgebildete Durchlüftungssystem hat seine in relativ geringer Zahl vorhandenen Ein- und Ausgangspforten, die Stomata (Fig. 10) ausschließlich an der Blattunterseite, an der sich die Epidermiszellen vorwölben, während die Außenwand der Oberseite glatt ist. Der mit großer innerer Atemhöhle versehene Spaltöffnungsapparat wird von vier auffallend großen, weit über das Niveau der Oberhaut vorspringenden Epidermiszellen umgeben: zwei kurzen Polzellen, von denen jede zwei nebeneinander liegende, sich etwas über das Stoma vorbeugende Höcker trägt, und zwei gestreckten Seitenzellen. Damit ist über den Spaltöffnungen ein Krater und mit diesem ein windstiller Raum geschaffen (Fig. 10): eine Einrichtung, mittels der die Transpiration wesentlich herab gemindert wird. Die Cutinisierung der Außenseite der Schließzellenbauchwand reicht weit in die Atemhöhle hinein. Die äußeren Hörnchen sind stark

cutinisiert, die inneren dagegen weit schwächer. Erstere sind an der Eisodialöffnung fein gerippt. Außer den Spaltöffnungen befinden sich an der Blattunterseite ähnliche Emergenzen, wie sie bei *Arenga* vorhanden sind.

Nur die wenigen großen Leitbündel erreichen mit ihren Belegen das Wassergewebe beider Seiten, während die übrigen, kleinen Bündel vollständig im Schwammparenchym eingebettet liegen. Abgesehen von den allerkleinsten Bündeln hat jedes einen Leptom- und Hadrombelag, die beide etwa von gleicher Stärke sind und nicht viel mehr als lokalmechanischen Schutz zu gewähren vermögen. Der Hauptträger der Fieder ist vielmehr in dem sehr biegungsfesten hohlzylindrischen Skelett der oben erwähnten Mittelrippe gegeben. Queranastomosen tauchen sehr selten auf und sind ohne Bast-scheide. Gegen seitliches Zerschlitzen ist jedoch die Fieder wiederum vortrefflich geschützt. Die auf das Doppelte verdickte Randpartie (Fig 11) wird nämlich fast ganz von Bast (b) ausgefüllt, der nur sehr wenig Raum für Chlorophyllzellen übrig läßt. Die gewaltige Bastmasse besteht aus zwei übereinander gelegenen Hälften, die

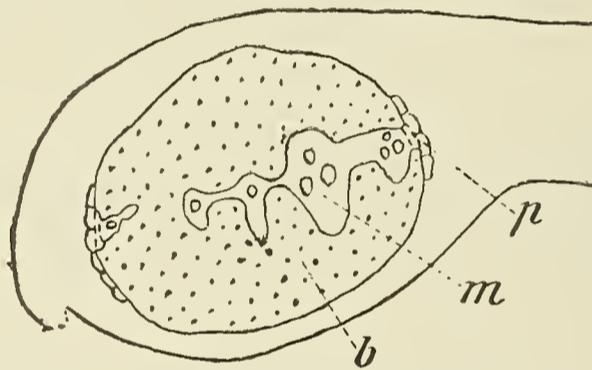


Fig. 11.

Querschnitt des Blattfiederrandes von *Wallichia densiflora* (Exemplar vom natürlichen Standort). — m Mestom. b Bast. p Parenchymscheide.

mehreren kleinen, gedrängt stehenden Mestombündeln (m) als ihnen gemeinsame Belege dienen.

18. *Caryota urens* L.

bewohnt Malabar, Bengalen, Assam und andere Teile Indiens und lebt somit im ganzen und großen unter ähnlichen klimatischen Bedingungen, wie *Wallichia densiflora*. Der durchaus hygrophile Blattbau von *Caryota urens* läßt vermuten, daß diese Palme noch weniger wie die vorige unter den Einflüssen von Trockenzeiten zu leiden hat.

Das *Caryota*-Blatt hat wie das der drei vorigen Gattungen eine induplicate Blattlage, ist aber doppelt gefiedert. Der Teil, an dem die kleinen, Fischflossen ähnlich sehenden Blättchen (die Fiedern II. Grades) sitzen, entspricht also nicht der Rhachis, sondern der Mittelrippe (unteren Hauptrippe) eines einfach gefiederten Blattes (mit induplicater Blattlage). Das kommt auch in der Anatomie (Fig. 12 a) zum Ausdruck, indem das Skelett (b) einen Hohlzylinder darstellt, der viele Mestombündel (m) umschließt. Selbstverständlich nähert sich das Skelett demjenigen zylindrischer

Organe in höherem Grade, als dies meistens bei der Fiedermittelrippe eines einfach gefiederten Blattes der Fall ist. Zudem behalten die Zugänge (z) oft nicht ihre seitliche Lage, sondern treten an anderen Stellen auf. Auch ist häufig nur ein Zugang vorhanden.

Die langgestreckten Epidermiszellen der Lamina, deren Breite durchweg nahezu doppelt so groß ist als die geringe Höhe, haben mäßig verdickte Radial- und Querwände mit zahlreichen Poren. Die Außenwände, namentlich die der Oberseite sind ziemlich derb sind besitzen wie die Radialwände eine nur dünne Cuticula. Die großlumigen Zellen des einschichtigen Wassergewebes beider Seiten sind quergestreckt und ordnen sich zu Längsreihen. Sie sind sehr wohl geeignet, auf wenige Stunden einen etwaigen Transpirationsverlust zu decken. Die relativ großen Spaltöffnungsapparate, deren Vorkommen sich fast ausschließlich auf die Unterseite beschränkt, haben eine sehr große innere Atemhöhle und sind nicht eingesenkt.

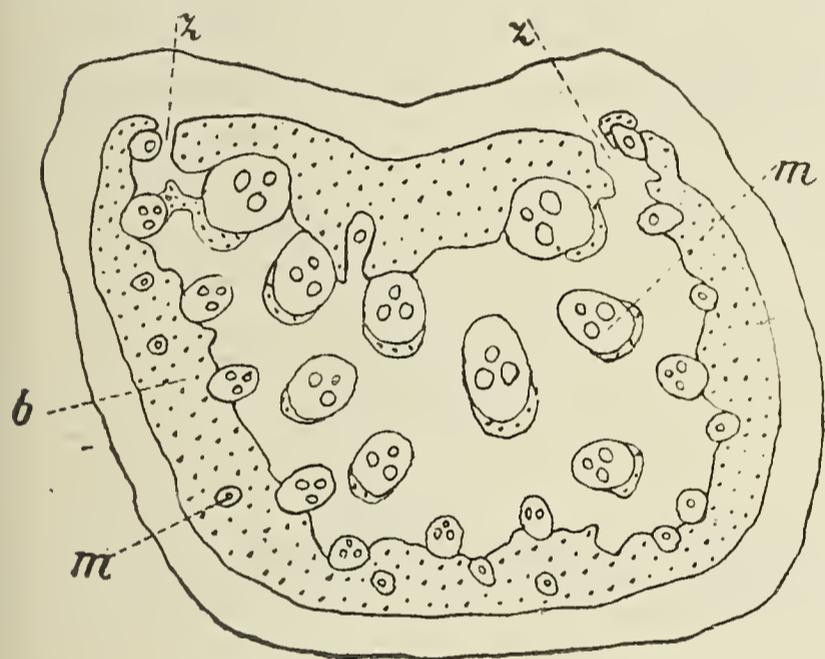


Fig. 12 a.

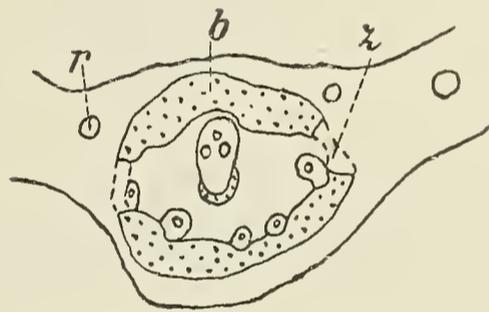


Fig. 12 β.

Caryota urens (Exemplar vom natürlichen Standort). — a Querschnitt durch die Fiedermittelrippe, d. i. in diesem Falle die Spindel, an der die Fiederblättchen (die Fiedern II. Grades) sitzen. β Querschnitt durch die Verlängerung obengenannter Spindel in der Mitte des endständigen Fiederblättchens.
m Mesom. b Bast. z Zugänge. r Raphidenschlauch.

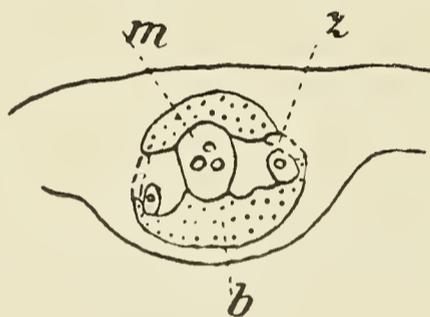
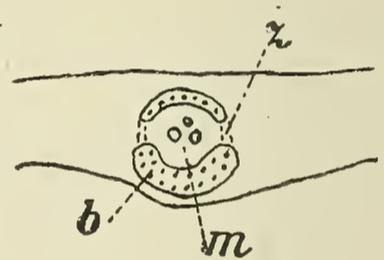
Die äußeren Cuticularhörnchen der relativ stark cutinisierten Schließzellenbauchwand sind an der Eisodialöffnung fein gerippt.

Wie die Epidermis und die Stomata, so trägt auch das Mesophyll hygrophilen Charakter. Mit dem Vorhandensein eines typischen, umfangreichen Schwammgewebes ist ein sehr geräumiges Durchlüftungssystem gegeben. Nur die erste grüne Schicht der Oberseite besteht aus palisadenartigen Zellen und zeigt daher nur kleine Interstitien. Sowohl in dem Schwammparenchym, als auch in dem Palisadengewebe finden sich Raphidenschläuche (Fig. 12 β, r) in auffallend großer Zahl. Ihre Größe ist sehr variabel. Einer der größten, die ich gemessen habe, hatte die enorme Länge von 296 μ und einen Durchmesser von 55 μ . Die Länge der kleinsten betrug etwa den dritten bis vierten Teil von der größten.

Die meisten Gefäßbündel der Lamina sind nur klein, befinden sich in der Mitte des Mesophylls und haben einen aus nur schwachen

Bastfasern bestehenden, einschichtigen Leptom- und Hadrombelag, der bei manchen Bündeln stellenweise zweischichtig ist. Die sehr wenigen größeren und großen Bündel bilden mit ihren mächtigen, aus starken Bastfasern bestehenden Belegen die kleinen (Fig. 13 β .) bzw. großen (Fig. 13 α .) Rippen, die Rippen zweiten Grades. Während die Belege der kleinen Bündel hiernach nur den Zweck lokalmechanischen Schutzes erfüllen können, haben die gewaltigen Bastsicheln (b) der Rippen (Fig. 13 α und β) offenbar noch eine weitere Aufgabe, nämlich die, dem Blättchen die nötige Festigkeit zu verleihen. Die nur spärlich auftretenden Queranastomosen sind sehr schwach. Der Fiederrand zeigt keine besondere Verstärkungen. Diese sind auch nicht erforderlich, da die Fiederchen nur sehr kurz sind und die Gefahr des seitlichen Einreißen daher sehr fern liegt.

An dem von mir untersuchten Treibhausexemplar haben die Rippen der Blattsegmente, sowie die Spindel, an der letztere sitzen, ein schwächeres Skelett, als beim Tropenexemplar: alles Unterschiede, die nicht den Transpirationsschutz, sondern die Festigkeit

Fig. 13 α .Fig. 13 β .

Caryota urens (Exemplar vom natürlichen Standort). — Querschnitt aus der Mitte eines Seitenblättchens; α durch eine grosse, β durch eine kleine Rippe.
m Mestom. b Bast. z Zugänge.

betreffen und daher wohl aus den Standortverhältnissen zu erklären sind, indem der Wind, dem unsere schlanke Palme am natürlichen Standort ausgesetzt ist, im Treibhaus fehlt. In Ermangelung eines besonderen Transpirationsschutzes bei beiden Exemplaren ist wahrscheinlich die Tatsache, daß die Mestombündelzahl beim Tropenexemplar eine größere ist, dahin zu verstehen, daß die Blätter des Tropenexemplares stärker transpirieren.

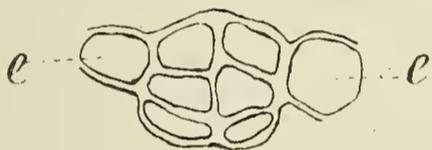
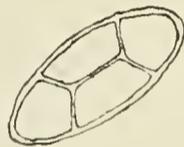
19. *Pinanga Kuhlii*.

Die Heimat dieser Palme ist der indische Archipel. Es handelt sich hier also um dieselben klimatischen Bedingungen, unter denen die beschriebene *Arenga*-Art existiert. Damit im Einklang steht die Tatsache, daß das Blatt unserer Palme in hohem Grade hygrophil gebaut ist.

Die Epidermiszellen der Oberseite strecken sich unter einem Winkel von etwa 60° zur Längsachse der Blattsegmente und sind als schiefwinklige Parallelogramme derart in Reihen angeordnet, daß diese, sowie die Durchschnichtsrichtung der gleichliegenden kurzen Wände der Zellen derselben Reihe mit der genannten

Segmentachse parallel laufen. Die Epidermis der Unterseite läßt so gut wie garnicht diese Anordnung der etwas schräg orientierten Zellen erkennen. Die Epidermisaußenwand beider Seiten ist als solche recht schwach und ist mit einer sehr dünnen Cuticula versehen, die in die Radialwände kurze Fortsätze sendet. Ein subepidermales Wassergewebe, das bei allen übrigen untersuchten Arten vorhanden ist, fehlt hier. Obgleich die Epidermis durch die Großlumigkeit ihrer Zellen und die geringe Dicke der Radialwände in der Bedeutung als peripherisches Wasserreservoir erheblich gewinnt, so vermag sie doch keineswegs dasselbe zu leisten, wozu ein besonderes Wassergewebe in Kombination mit einer selbst nur kleinzelligen Epidermis imstande wäre.

Sowohl an der Ober-, als auch an der Unterseite finden sich Hautdrüsen in relativ großer Anzahl. Am Flächenschnitt erscheint ihre Umrißlinie als Kreis oder als Ellipse (Fig. 14 β), deren größte Achse die Richtung der Epidermiszellen hat, während sie am Querschnitt (Fig. 14 α) die Form eines Bechers oder eine diesem ähnliche Gestalt annimmt. Die genannten Gebilde sind gekammert und zwar in sehr verschiedener Weise, indem nicht nur die Anordnung, sondern auch die Zahl der inneren Kammerwände sehr

Fig. 14 α .Fig. 14 β .

Hydathode, α im Querschnitt, β im Flächenschnitt der Blattlamina von *Pinanga Kuhlii* (Exemplar vom natürlichen Standort). — e Epidermiszellen.

variiert. Letztere, sowie die an die Atmosphäre grenzende Außenwand sind getüpfelt. Sehr wahrscheinlich handelt es sich hier um Hydathoden. Zeigt die geringe Dicke der Cuticula, sowie der Mangel eines besonderen Wassergewebes an, daß der Wasserverlust durch Transpiration eigentlich nie die Zufuhr erheblich übersteigt, so wäre aus der Gegenwart von Hydathoden zu schließen, daß im Gegenteil der Zudrang von unten her zu Zeiten das Transpirationsmaß in dem Grade übertrifft, daß Wasser in flüssiger Form ausgeschieden werden muß und somit die genannten Sicherheitsventile erforderlich sind (vgl. allg. Tl. p. 98).

Wie das Hautgewebe, so besitzt auch das Durchlüftungssystem einen hygrophylen Charakter. Es ist sehr geräumig, indem das Mesophyll fast ganz als sehr lakunöses Schwammparenchym entwickelt ist und kleine Interstitien sich nur zwischen den etwas palisadenartig gestreckten Zellen der obersten Schicht finden. Die Ein- und Ausgänge des Interzellularnetzes, die Stomata, haben eine große innere Atemhöhle und sind nicht eingesenkt.

Die meisten Gefäßbündel sind nur klein, liegen mehr in der unteren Hälfte des Blattquerschnittes und haben einen nur einschichtigen, aus feinen Bastfasern bestehenden Leptombelag, während sie im übrigen Teil von einer deutlich abgesetzten, aus

sehr langen, chlorophyllführenden Zellen bestehenden Parenchym-scheide umgeben sind. Nur einige der großen Bündel besitzen auch einen Hadrombelag, der aber stets sehr schwach ist und vielfach nur in isoliert auftretenden schwachen Bastfasern besteht. Bei solchen Bündeln ist der Belag über dem Leptom zwei- bis dreischichtig und dieses in vier, bei den größten Bündeln mitunter sogar in sechs Teile zerklüftet.

Im Mesophyll zerstreut finden sich aus ein bis acht feinen Fasern bestehende, blindendige Bastgruppen. Unter diesen sind namentlich diejenigen erwähnenswert, die sich an die Epidermis der Oberseite anlehnen. Sie bilden eine der Epidermis zugekehrte flache Hohlrinne, in der eine meistens an die Epidermisinnenwand grenzende, ununterbrochene Reihe von Stegmata verläuft (Fig. 16, i).

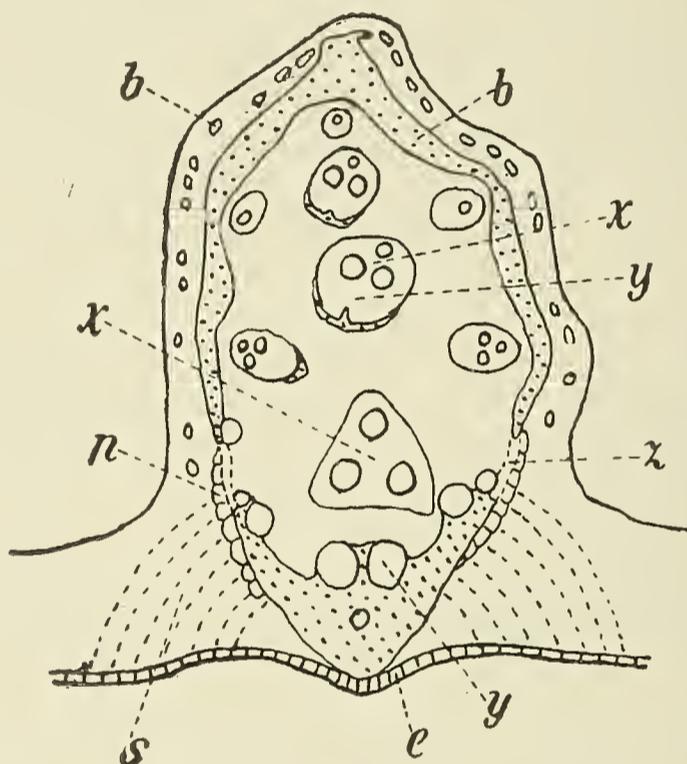


Fig. 15.

Querschnitt einer oberen Hauptrippe des ungleichmässig gefiederten Blattes von *Pinanga Kuhlii* (Exemplar vom natürlichen Standort). — e Epidermis. s Schwellgewebe (Streckungsrichtung der Zellen durch punktierte Linien angedeutet). p Parenchym-scheide. z Zugänge. b Bast. x Hadrom. y Leptom.

Die eigentlichen Träger im Blatte sind die oberen Hauptrippen (Fig. 15; vgl. allg. Tl. p. 93 u. 94). Da das Blatt ungleichmäßig gefiedert ist und somit nur wenige untere Kanten der ehemaligen Falten durch Spaltung aufgelöst sind, so habe ich noch die erhalten gebliebenen Unterkanten (untere Hauptrippen) zu erwähnen. Wie Figur 16 zeigt, heben dieselben sich nur wenig von der Lamina ab. Gegen Schub- oder Scherkräfte sind die Segmente insofern geschützt, als der Rand unter der Epidermis der Ober- und Unterseite kräftige Bastplatten besitzt und überdies die Randbündel stärkere Belege haben als die übrigen Bündel. Queranastomosen sind in der ganzen Blattlamina sehr spärlich und außerordentlich schwach.

Das untersuchte Treibhausexemplar zeigte keine nennenswerte Abweichungen, wie auch nicht anders zu erwarten war.

20. *Martinezia Lindeniana* Wdl.

Das gleichmäßig gefiederte Blatt besitzt reduplizierte Fiedern. Das beweist auch die Anatomie der Mittelrippe (Fig. 17), indem das Schwellgewebe (s) sich an der Blattunterseite befindet. Ausnahmsweise springt die Mittelrippe nach derselben Seite vor, und somit gehört *Martinezia Lindeniana* zu den wenigen Palmen, die in dieser Beziehung von der Regel abweichen (vgl. allg. Tl. p. 87).

Figur 18 zeigt einen Querschnitt durch die Lamina. Die Epidermiszellen der Oberseite haben dieselbe Streckungsrichtung und Anordnung zu Längsreihen, wie diejenigen von *Pinanga Kuhlii*, während die Epidermiszellen der Unterseite teils nur wenig in der Richtung der Längsachse, teils überhaupt nicht gestreckt sind. Die Radial- und Querwände der Epidermiszellen beider Seiten sind relativ dick und diejenigen der Unterseite stark getüpfelt. Die Innenwände sind etwas stärker. Die Außenwand, die wiederum nur wenig dicker ist als die Innenwände, besitzt eine nur dünne

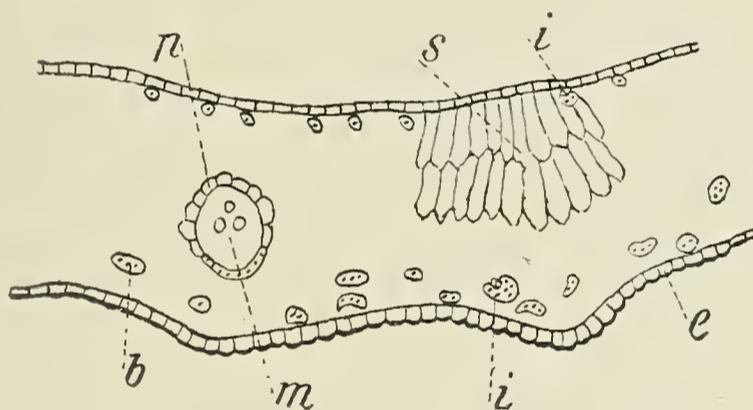


Fig. 16.

Pinanga Kuhlii (Treibhausexemplar). Querschnitt durch die ausgebreitete untere Faltenkante, die sich nicht zu einer Rippe entwickelt hat. — e Epidermis. s Schwellgewebe. p Parenchymscheide des Mestombündels (m). b Bast. i Kieselkörper.

Cuticula, die schwache Fortsätze in die Radial- und Querwände sendet. Auch die Bauchwand der Schließzellen des Spaltöffnungsapparates ist nur sehr schwach cutinisiert. Die äußere Atemhöhle der nur an der Blattunterseite vorhandenen Stomata ist so klein, daß sie bezüglich der Herabsetzung der Transpiration wohl kaum in Betracht kommt. Das Wassergewebe ist einschichtig und besteht aus großen, mit derben Radial- und Querwänden versehenen, quergestreckten Zellen. Da die Epidermiszellen nahezu so hoch sind, als die Wassergewebezellen, so unterstützen sie letztere in der Funktion der Wasserspeicherung in hohem Grade. Auf das beiderseitige Wassergewebe folgt grünes Mesophyll, in dem sich nur sehr wenige Raphidenschläuche (Fig. 17, r) finden. Nur die Zellen der oberen Mesophyllschicht sind palisadenartig. Das übrige Chlorophyllgewebe ist als Schwammparenchym entwickelt.

Wohl kennzeichnet die geringe Dicke der Cuticula, das Fehlen einer nennenswerten äußeren Atemhöhle über den Spaltöffnungen, sowie das geräumige Durchlüftungssystem unsere Palme als eine hygrophile Pflanze; der beschriebene hohe Wassergewebemantel aber zeigt an, daß *Martinezia Lindeniana* an ihrem natürlichen

Standort (im westlichen Teile des tropischen Südamerikas) zeitweise, namentlich in den heißen Mittagsstunden, einen Transpirationsverlust zu erleiden haben muß, den die Wurzeln momentan nicht vollständig zu ersetzen vermögen.

Fast sämtliche Mestombündel sind verhältnismäßig nur klein und von einer ein-, höchstens zweischichtigen, überall gleich starken Skelettscheide (Fig. 18, b') umgeben. Die Zugänge (z) bestehen aus Parenchymzellen, die mit den Bastzellen gleiche Wandstärke haben. Das Leptom (y) ist im Vergleich zum Hadrom (x) auffallend groß. Den Skelettring umgibt wiederum eine Parenchym-scheide, die bei den kleinsten Bündeln geschlossen (p) und nur bei den größeren über dem Hadrom- und Leptombelag geöffnet (p') ist. Recht große Bündel sind sehr selten. Obgleich diese als schwache Rippen im Blatte erscheinen, so bleiben ihre kräftigen Belege doch durch chlorophyllführende Zellen von dem Wassergewebe beider Seiten

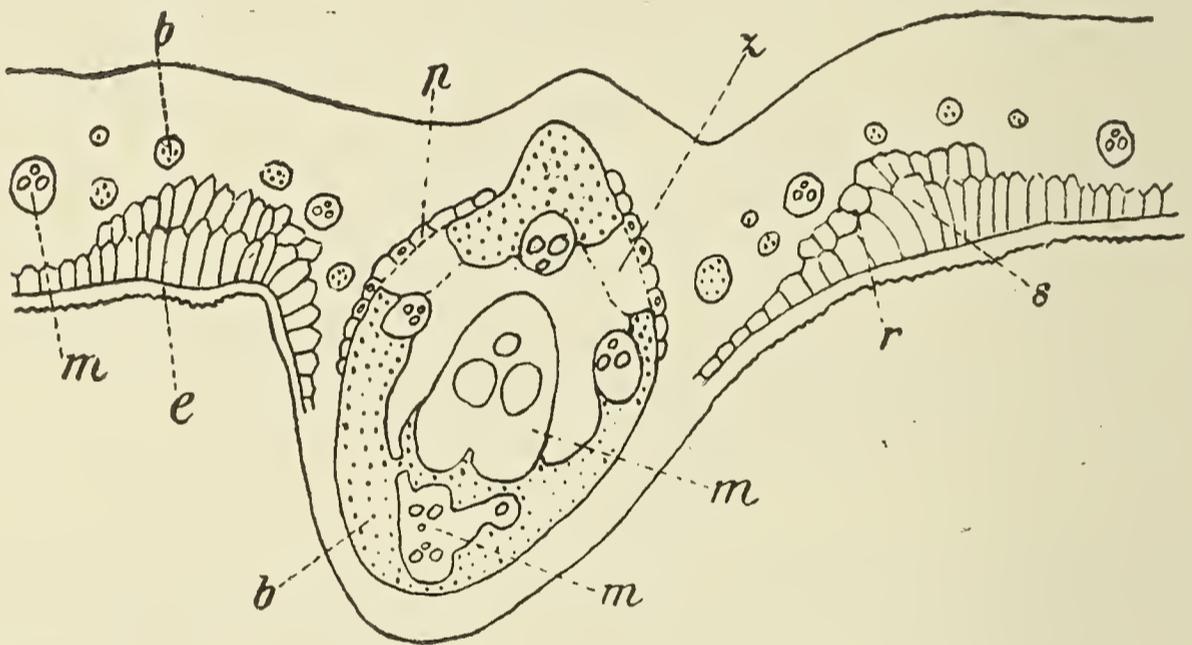


Fig. 17.

Querschnitt der Mittelrippe einer Blattfieder von *Martinezia Lindeniana* (Exemplar vom natürlichen Standort). — e Epidermis. s Schwellgewebe. m Mestom. b Bast. z Zugänge. p Parenchym-scheide. r Raphidenschlauch.

getrennt. Ihr Leptom ist in vier Teile zerklüftet. Ganz besonders erwähnenswert sind die Zugänge im Skelettringe dieser größten Bündel, sowie in dem der oben erwähnten Mittelrippe. (Fig. 17, z) Dieselben bestehen nämlich aus typischen Steinzellen.

Kann sonach außer der Mittelrippe (Fig. 17) höchstens noch die Stereomscheide der eben beschriebenen sehr wenigen größten Mestombündel Anspruch auf Biegungsfestigkeit erheben, so tritt die Zugfestigkeit im Blattbau desto stärker hervor. Etwa in der Mitte des Blattquerschnittes (Fig. 18), durchweg in gleicher Ebene mit den Gefäßbündeln, befinden sich zahlreiche, sehr starke, von Stegmata übersäte Bastzylinder (b), die vermöge ihrer Lagerung der Fieder eine enorme Zugfestigkeit verleihen. Damit nimmt *Martinezia Lindeniana* eine Sonderstellung ein, weil nämlich das Skelett der Lamina aller übrigen untersuchten Arten im Gegensatz zu demjenigen der Lamina der in Rede stehenden Palme eine mehr oder weniger biegungsfeste Konstruktion

repräsentiert. Der zugfeste Bau der Fiederlamina von *Martinezia Lindeniana* läßt vermuten, daß die breit endigenden, schwer herabhängenden Fiedern stark auf Zug beansprucht werden. Indem die Queranastomosen nur sehr spärlich und schwach sind und Randverstärkungen fehlen, haben die Fiedern eine besondere Festigung gegen scherende Kräfte nicht erfahren.

21. *Jubaea spectabilis* H. Bonpl.

Das untersuchte Material stammt aus Chile, der Heimat dieser Palme, und zwar aus der Umgegend von Valparaiso. In Chile bringt die wärmere Jahreshälfte eine ausgesprochene Trockenheit, und die Regen der feuchten, kühleren Zeit sind vielfach von heftigen Stürmen begleitet. *Jubaea spectabilis* erträgt demnach

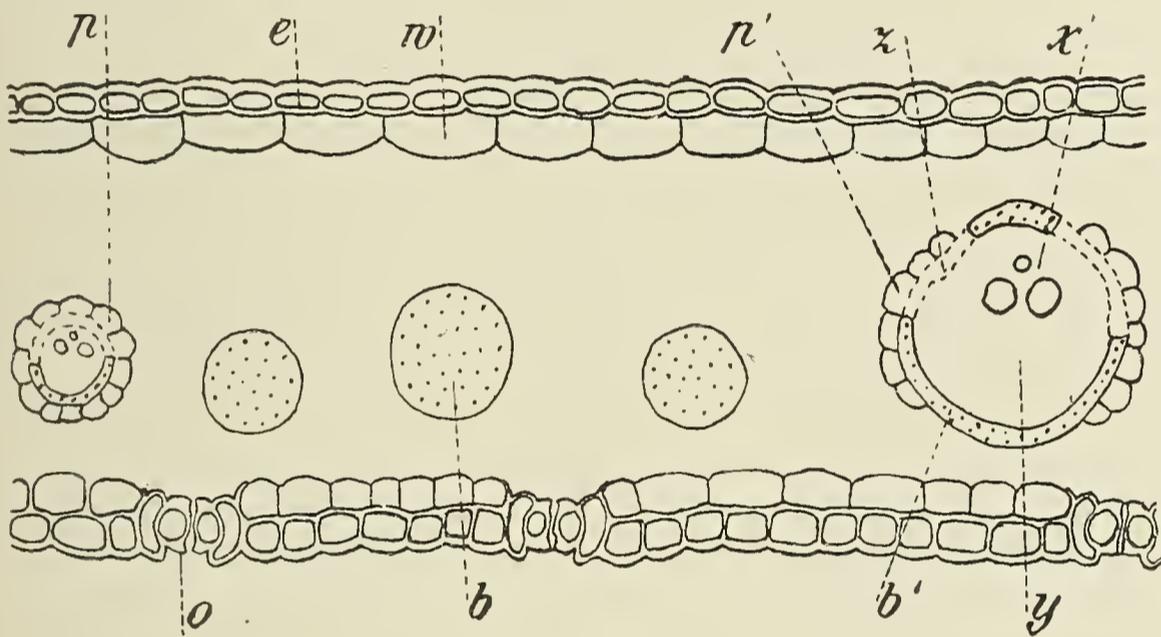


Fig. 18.

Querschnitt der Blattlamina von *Martinezia Lindeniana* (Exemplar vom natürlichen Standort). — e Epidermis. w Wassergewebe. o Stomata. b und b' Bast. x Hadrom. y Leptom. z Zugänge. p und p' Parenchymscheide.

nicht nur eine längere Dürre, sondern widersteht auch den Angriffen der Stürme und dem Anprall der Niederschläge. Diese Tatsache läßt vermuten, daß die Blattoorgane mit einem ausgiebigen Transpirationsschutz und einem kräftigen Skelett ausgerüstet sein müssen, was denn auch die anatomische Untersuchung bestätigt, deren Resultate ich hier folgen lasse.

Die Blattsegmente sind sehr dick. Die Epidermiszellen der Oberseite zeigen am Querschnitt eine ziemliche Größe und erscheinen am Flächenschnitt teils isodiametrisch, teils quergestreckt. Sie besitzen derbe Radial- und Querswände. Die Innenwände sind ein wenig schwächer; die Außenwände (Fig. 19, a) dagegen sind recht stark. Die Epidermiszellen der Unterseite sind sehr niedrig und schmal, aber mehr oder minder langgestreckt. Ist ihre Außenwand (a') auch weit schwächer, als die der oberseitigen Epidermiszellen, so ist sie immerhin ansehnlich verdickt, während die übrigen Wände nur dünn sind.

Die kleinen, nur an der Unterseite befindlichen Spaltöffnungen sind zwar wenig oder garnicht eingesenkt. Indem aber sämtliche Wände der beschriebenen Epidermiszellen der Ober- und Unterseite bis auf eine dünne, das Lumen auskleidende Schicht cutinisiert sind, ist dem Blatte ein äußerst wirksamer Transpirationsschutz verliehen. Sollte trotzdem der Transpirationsverlust in den heißesten Stunden der Trockenzeit größer sein als die Zufuhr durch die Wurzeln, so ist unsere Palme selbst dann nicht in Gefahr. Sie besitzt nämlich ein sehr geräumiges subepidermales Wasserreservoir (Fig. 19), das den absoluten Verlust, die Differenz zwischen Abgabe und Zufuhr, auf seine Kosten übernimmt und sich wieder füllt, sobald die Transpirationsgröße unter das Maß der Zufuhr hinabsteigt. Das Wassergewebe der Unterseite ist zwar nur einschichtig und besteht aus niedrigen Zellen, die am Flächenschnitt isodiametrisch erscheinen und etwas verdickte Wände besitzen. Das Wasserreservoir der Oberseite dagegen läßt durchschnittlich drei Lagen erkennen, deren mit mäßig verdickten Wänden versehene Zellen durchweg recht groß und quergestreckt sind.

Wie das Hautgewebe, so trägt auch das Mesophyll ein xerophiles Gepräge, indem das Durchlüftungssystem auf ein Minimum reduziert ist. Das ganze Mesophyll zeigt nämlich nur sehr enge Interstitien und besitzt somit ein recht festes Gefüge, zumal seine Elemente nur klein sind. Fast alle Zellen sind palisadenartig gestreckt; nur diejenigen der untersten Schicht erscheinen am Querschnitt isodiametrisch, am Längsschnitt jedoch auch palisadenartig.

Ebensoviel Raum wie das Mesophyll nehmen die Bastmassen mit den Mestombündeln ein (Fig. 19). Auf das Wassergewebe der Oberseite folgen nämlich sehr gedrängt stehende, gewaltige, auffallend hohe Bastrippen, an die sich verhältnismäßig kleine Leitbündel lehnen. Jede zweite (b) dieser Rippen ist durchgehends mehr oder weniger größer als die übrigen (b'), und das betreffende Mestombündel (m), das meistens auch etwas größer ist als die übrigen (m') Bündel, rückt demzufolge über die Mitte des Blattquerschnittes hinaus, während die kleineren Skelettstränge begleitenden Bündel (m') in der Mitte liegen. Der Leptombelag (b'') der unterhalb der Mitte des Querschnittes gelegenen Bündel ist weit schwächer als die gewaltigen Hadrombelege b und b', besitzt aber immerhin eine ansehnliche Stärke. Er umklammert das Leptom (y), das mitunter in zwei übereinander gelegene Gruppen geteilt ist (Fig. 19), und eine Lage dickwandigen, porenreichen Parenchyms (z) zu beiden Seiten des Hadroms (x) verbindet ihn mit dem Hadrombelag (b). Da nun ferner der Leptombelag das Wassergewebe der Unterseite erreicht, so resultiert ein gewaltiger, durchgehender, von Wassergewebe zu Wassergewebe reichender I-Träger.

Anders steht es mit den Trägern, die mit den eben beschriebenen alternieren. Daß sich an die betreffenden Bastrippen (b') der Oberseite durchschnittlich kleinere Leitbündel (m') lehnen, die überdies wegen der geringeren Höhe ihrer Rippen (b') in der Mitte des Blattquerschnittes liegen, habe ich bereits erwähnt. An die den betreffenden Bastrippen opponiert stehenden Skelett-

stränge (b'''), die selbst kleiner sind als die gleichliegende Gurtung (b'') der oben beschriebenen Träger, lehnen sich ebenso kleine Bündel (m''). Das grüne Mesophyll, das beide übereinander gelegene Bündel trennt, ist vermöge seines festen Gefüges in Kombination mit den Bündeln imstande, die Funktion eines Füllgewebes auszuüben, so daß es sich auch hier um recht kräftige, von Wassergewebe zu Wassergewebe reichende I-Träger handelt.

Aus der Zeichnung und Beschreibung ist ersichtlich, daß die Blattsegmente von ganz außergewöhnlicher Festigkeit sind. Es erscheint daher verständlich, daß sie den gewaltigen Stürmen und Regengüssen standzuhalten vermögen. Selbst gegen das Zer-

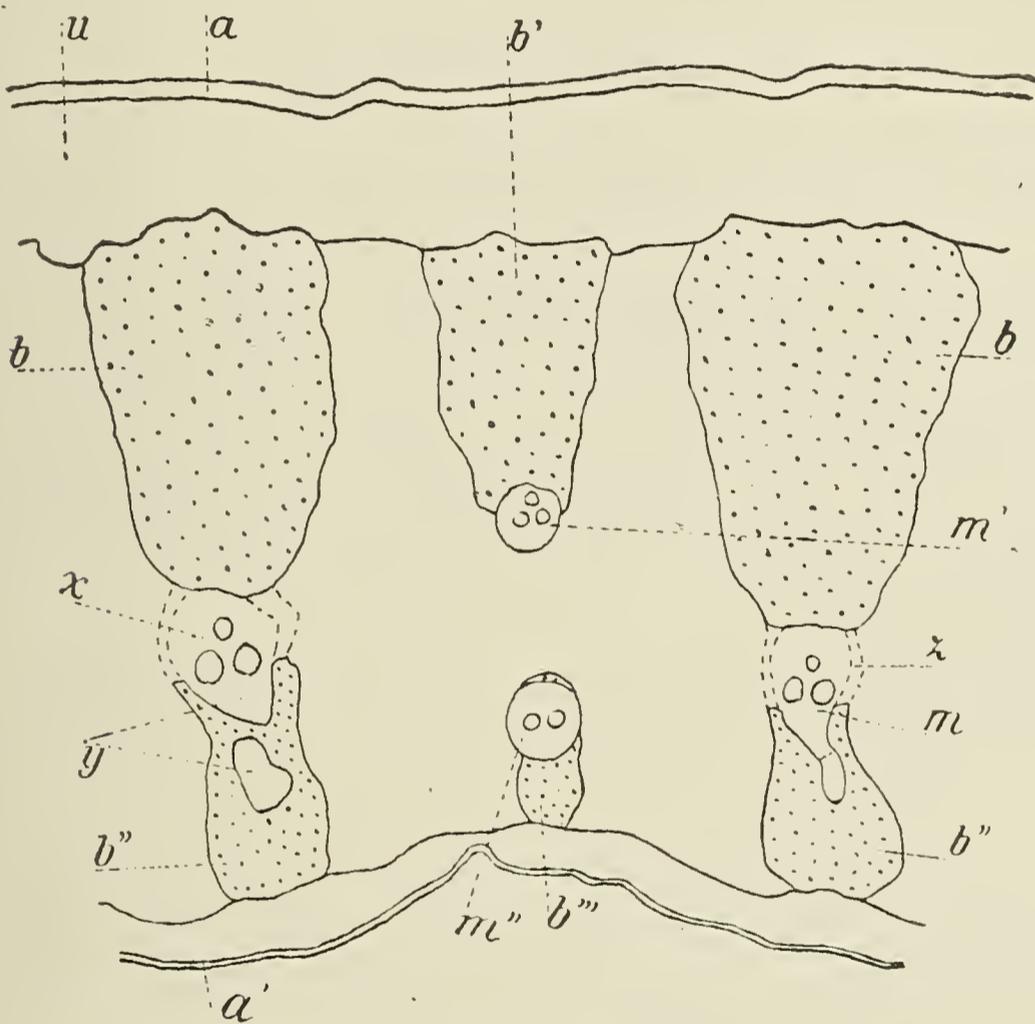


Fig. 19.

Querschnitt der Blattlamina von *Jubaea spectabilis* (Exemplar vom natürlichen Standort). a und a' Epidermisaussenwand. u Epidermis + Wassergewebe. b, b', b'' und b''' Bast. z Zugänge. m (x Hadrom, y Leptom), m' und m'' Mestom.

schlitzen parallel der Längsachse der Fiedern besitzen diese einen kräftigen Schutz, und zwar in zahlreichen starken Queranastomosen. Randverstärkungen gegen seitliches Einreißen sind jedoch nicht vorhanden. Die Lamina wird im Gegenteil nach dem Rande zu dünner; die Träger werden merkwürdigerweise nicht nur schwächer, sondern auch seltener und schwinden zuletzt sogar vollständig.

Die Verjüngung der Lamina, sowie das Schwächerwerden und Schwinden der Träger wiederholt sich in der Nähe der Mittelrippe. Diese nähert sich in ihrem anatomischen Bau dem Fächerpalmentypus (vgl. p. 92 und 94), indem einmal das Schwellgewebe ungeteilt bleibt und zum andern jedes vorhandene Mestombündel seine eigenen Belege besitzt, so daß ein mehrere Bündel um-

schließender Skelettzylinder nicht vorhanden ist. Doch rückt das zentral gelegene Bündel, dessen Leptom in vier oder sechs Gruppen zerklüftet ist, durch seine Größe und die Stärke seiner Belege so sehr in Vordergrund, daß die wenigen anderen noch vorhandenen Bündel, die sehr klein sind und überdies keine nennenswerte Belege besitzen, gleichsam verschwinden. Zum Schluß mag noch erwähnenswert sein, daß der Skelettring des großen Bündels zwar nicht schwach ist, seine Größe wie überhaupt seine Stärke aber durchaus nicht der Skelettstärke der Lamina entspricht, während bei anderen Fiederpalmen der Bastzylinder der Mittelrippe der Hauptträger, bei manchen Arten sogar der einzige aus Skelettzellen bestehende Träger der Fieder ist.

22. *Nipa fruticans* Thunb.

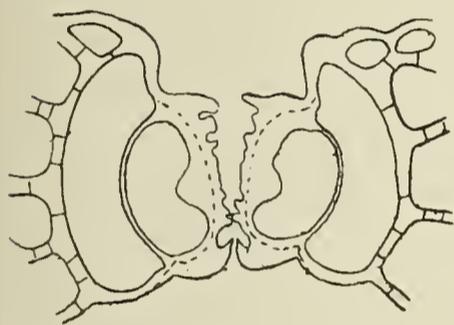
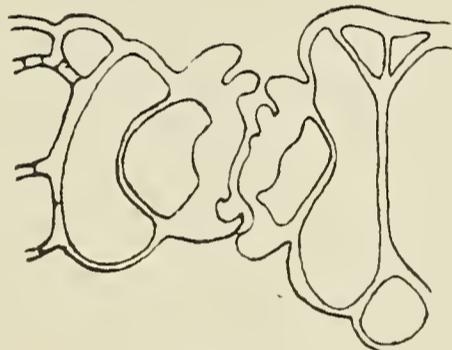
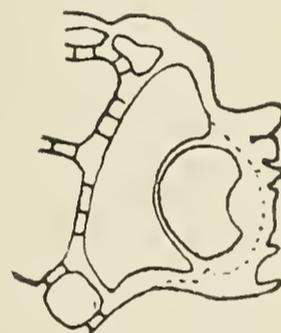
Diese niedrige Buschpalme mit vier bis sechs Meter langen, regelmäßig gefiederten Blättern ist endemisch im malayischen Archipel. Von dort, und zwar von der Halbinsel Malakka, stammt auch das von mir untersuchte Material. Malakka gehört zu denjenigen Gebieten, deren Klima für das Gedeihen der Palmen im allgemeinen am günstigsten ist. „Die geographische Lage bestimmt die intensive Wärme“, die weder erhebliche Tages-, noch Jahresdifferenzen zeigt. Die Luftfeuchtigkeit „wird durch das Meer gewährleistet“. Außerdem bringt der Sommermonsun aus Südwesten reichliche Niederschläge, während diese zur Zeit der Herrschaft des Nordostmonsuns im ganzen und großen ausfallen. An genügender Bodenfeuchtigkeit aber fehlt es unserer Palme selbst in dieser mehr trockenen Jahreszeit nicht, da sie hauptsächlich die feuchten Gestade des Meeres bewohnt und nur an den Flußläufen ins Innere des Landes eindringt. Mit dem Vorhandensein reichlichen Grundwassers allein ist aber nur wenig getan: es kann, selbst wenn die Wurzeln vom Wasser umspült werden, die Abgabe durch Transpiration die Zufuhr übersteigen, zumal einerseits die Wurzeln salzhaltiges Wasser nur schwer aufzunehmen vermögen, und andererseits die Blätter, namentlich zur heißesten Tageszeit, einer starken Insolation ausgesetzt sind. Welche Einrichtungen nun im Blattbau unserer Palme getroffen sind, um der genannten Gefahr zu begegnen, mögen die Resultate der anatomischen Untersuchung lehren.

Die Epidermiszellen beider Seiten haben durchweg die Form von rechteckigen, parallel zur Blattfläche gerichteter Platten, indem sie (namentlich diejenigen an der Blattunterseite) eine sehr geringe Höhe besitzen und in Längsreihen angeordnet sind. Als recht kleine Zellen erscheinen sie zwar auch in der Flächenansicht; immerhin aber ist ihre Länge und Breite weit größer als die Höhe. Bald übertrifft die Länge die Breite oder umgekehrt, bald sind beide einander gleich. Die Radial-, Quer- und Innenwände sind recht dünn. Derber ist zwar die Außenwand, als solche aber auch nur recht schwach. Trotzdem ist in den Epidermiszellen ein nicht unbedeutender Transpirationsschutz gegeben, indem ihre sämtlichen

Wände so gut wie vollständig verkorkt sind. Dazu ist die Epidermisaußenwand der Oberseite mit einer, wenn auch nur dünnen krustenförmigen Wachsschicht bedeckt.

Daß die betreffenden Lebensbedingungen einen nicht geringen Transpirationsschutz erheischen, beweist auch die Lage und der seltsame Bau der zahlreichen, nur an der Blattunterseite befindlichen Spaltöffnungen (Fig. 20). Damit diese durch ihre Gegenwart die Verdunstung wenig oder garnicht begünstigen, sind sie einmal eingesenkt. Zum andern hat der Wasserdampf, der sich in der geräumigen inneren Atemhöhle sammelt, eine sehr hohe Spalte zu passieren, bevor er die nicht zu unterschätzende äußere Atemhöhle erreicht. Endlich besitzt die Spalte eine den Zellen des Spaltöffnungsapparates zum Schutz dienende derbe Cuticularauskleidung (Fig. 20 α und γ), die noch weit auf die Innenwand der Nebenzellen übergreift.

Der seltsame Bau der Spaltöffnungen ist bereits eingehend von Bobisut (l. c.) beschrieben und durch zwei Zeichnungen

Fig. 20 α .Fig. 20 β .Fig. 20 γ .

Stomata des Blattes von *Nipa fruticans* (Exemplar vom natürlichen Standort). Die punktierte Linie in α und γ gibt die Grenze der Cuticularschicht an.

illustriert worden. Doch führen meine Untersuchungen in einigen Punkten zu anderem Resultat. Die Cuticularvorsprünge beider Bauchwände stehen nach meinen Befunden oft einander opponiert; wo aber die Zähne der einen Wand in die Lücken der andern zeigen, passen erstere vielfach nicht in diese hinein, so daß eine Verzahnung in dem Grade, wie Bobisut angibt, meinen Untersuchungen zufolge mindestens zweifelhaft ist. Ferner verläuft die punktierte Linie (Fig. 20 α und γ), die die Cuticularschicht der Bauchwand der Schließzellen abgrenzt, in der äußeren Partie wesentlich anders (vgl. die betr. Figg.), indem, wie ich oben bereits erwähnt habe, nicht nur die Epidermisaußenwand, sondern auch alle übrigen Wände der Epidermiszellen cutinisiert sind, sogar die dünne Innenwand, die der dicken äußeren Tangentialwand der noch zu besprechenden subepidermal gelegenen Zellen angelagert ist. Endlich besitzen die Nebenzellen, im Gegensatz zu Bobisut's Angaben, ein wohlentwickeltes inneres Hautgelenk, und das äußere ist nach meinen Befunden weit besser ausgebildet, als aus Bobisuts Zeichnung zu schließen ist. Die Mechanik des Öffnens und Schließens mag dahingestellt bleiben.

Daß trotz der angegebenen Schutzvorrichtungen in der mehr trockenen Jahreszeit ein Überschreiten der zulässigen Transpirations-

größe nahe liegt, darauf deutet das Vorhandensein eines gut entwickelten Wasserreservoirs hin. Dieses besteht an der Oberseite aus zwei scharf gegeneinander abgesetzten Schichten vollständig chlorophyllfreier Zellen. Die erste dieser Schichten ist zwei- bis dreimal so hoch als die Epidermis und besteht aus plattenförmigen, parallel zum Blattquerschnitt geschichteten Zellen, deren sämtliche, mit sehr zahlreichen, großen Poren versehene Wände gleich stark und noch etwas dicker sind, als die Außenwand der Epidermis. Die größte Ausdehnung dieser Zellen ist ihre Breite, die durchschnittlich das Dreifache der Höhe beträgt. Flächenschnitte lehren, daß diese derben, porösen Zellen nicht geschichtet sind, wie die Ziegelsteine in einer Mauer, deren Dicke gleich ist der Breite der genannten Steine. Erstlich liegen die Zellplatten in Reihen übereinander, so daß die Radialfugen parallel der Längsachse der Fieder gerichtete Reihen bilden. Doch stellen diese am Flächenschnitt keine Grade, sondern eine Zickzacklinie dar, indem die meistens keilförmig zugespitzten Zellplatten je zweier benachbarter Längsreihen ineinander greifen. Damit ist zum andern eine Reihenbildung winkelrecht zur Längsrichtung ausgeschlossen. Die zweite subepidermale, farblose Schicht ist der ersten kaum an Höhe gleich und besteht aus Zellen mit nur schwach verdickten, porenfreien Wänden. In der Länge überragen dieselben die beschriebenen dickwandigen Zellen, stehen diesen dagegen in der Breite nach und zwar derart, daß die Länge der in Rede stehenden Zellen durchschnittlich ihrer Breite gleichkommt. Viele dieser Zellen sind sogar isodiametrisch.

An der Unterseite befindet sich ein ähnliches subepidermales Gewebe, wie an der Oberseite. Die innersten, an das Mesophyll grenzenden, zu einer geraden Schicht geordneten Zellen haben mit den gleichliegenden der Oberseite gleichen Bau, nur sind sie durchschnittlich etwas kleiner als diese. Die übrigen Zellen besitzen mit den dickwandigen Zellen der Oberseite gleiche Wandstruktur, bilden aber weder eine einzige Schicht, noch deutlich gegeneinander abgesetzte Schichten, da Größe und Form der Zellen in hohem Grade wechseln. So liegen meistens zwei, an manchen Stellen jedoch drei Zellen übereinander, und in seltenen Fällen wird dieselbe Höhe von nur einer einzigen Zelle eingenommen. Flächenschnitte lehren, daß die größte Mehrzahl dieser Zellen quergestreckt ist. Auch in Form und Lagerung ähneln sie am Flächenschnitt denen der Oberseite, kommen diesen aber in beiden Beziehungen nicht gleich wegen des Vorhandenseins der bereits besprochenen zahlreichen, großen Spaltöffnungsapparate, die an der Oberseite fehlen.

Die eigentümlichen, Spaltöffnungen ähnlich sehenden Gebilde, die Bobisut (l. c. p. 9—10) eingehend beschreibt, habe auch ich beobachtet, und zwar an der Oberseite in relativ großer, an der Unterseite dagegen in sehr geringer Zahl. Wenn Bobisut bemerkt, „daß der Fiederspreite Trichombildungen gänzlich abgehen“, so muß ich diese Behauptung meinen Befunden zufolge etwas einschränken. An der Blattunterseite fand ich nämlich ein über das Niveau der Epidermisaußenwand vorspringendes Gebilde (Fig. 21, h)

mit getüpfelter Außenwand, das durch zwei lange, in ihrer Längsrichtung aufeinander folgende Zellen (l) mit der Parenchym Scheide (p) eines Mestombündels (m) verbunden ist. Der ganze Bau läßt vermuten, daß es sich um eine Hydathode handelt. Das Vorhandensein vieler solcher wassersecernierender Organe würde zwar in der mehr trocknen Zeit unzuweckmäßig sein, in der feuchten Jahreshälfte aber wohl mit den klimatischen Bedingungen in Einklang stehen. Es liegt nämlich die Möglichkeit nahe, daß in dieser Zeit wegen des reichlichen Bodenwassers und der nicht unbedeutenden Luftfeuchtigkeit die Zufuhr durch die Wurzel die Abgabe durch Transpiration zeitweise übersteigt und das überschüssige Wasser daher in flüssiger Form ausgeschieden werden muß.

Das Fehlen einer ausgesprochenen Trockenzeit ist auch am Mesophyll zum Ausdruck gekommen. Dieses zeigt nämlich einen

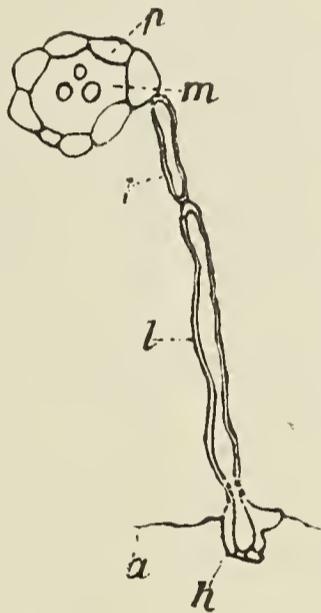


Fig. 21.

Nipa fruticans (Exemplar vom natürlichen Standort). — a Epidermisaussenwand der Blattunterseite. h Hydathode. m Mestombündel mit Parenchym Scheide (p). l fast rechtwinklig zur Blattfläche stark gestreckte, derbwandige Zellen.

hygrophilen Bau, indem in dem sehr lakunösen Schwammparenchym ein wohlentwickeltes Durchlüftungssystem geschaffen ist. Doch entspricht das Vorhandensein zweier Palisadenschichten wiederum der starken Insolation.

Die größten Mestombündel haben einen sehr schwachen, sichelförmigen Leptombelag und über dem Hadrom eine auch nur kleine, durchweg rundliche Gruppe von Bastzellen, die in sehr seltenen Fällen sich ein wenig der Sichelform nähert. Von dieser Bastgruppe aus erstrecken sich schmale, mit schwach verdickten, getüpfelten Wänden versehene, farblose Zellen bis zum normalen Wassergewebe. Dieselben sind durchweg reichlich so lang, als die Zellen der ersten Palisadenschicht, die hier also durch sie unter Beibehaltung der Form morphologisch vertreten werden. Ähnliche Elemente finden sich auch über dem mittleren Teile des sichelförmigen Leptombeleges, nur mit dem Unterschiede, daß sie hier nicht palisadenartig, sondern isodiametrisch sind, da eben der Leptombelag dem unterseitigen Wassergewebe weit näher liegt, als die

über dem Hadrom befindliche Bastgruppe dem oberseitigen. Daß durch die eben beschriebenen Elemente das Wassergewebe „in kontinuierlichem Zusammenhang mit den wasserleitenden Wegen erhalten“ wird, wie Bobisut behauptet, erscheint mir mindestens unwahrscheinlich, da die betreffenden Zellen sich nie direkt an das Mestom oder die Parenchym Scheide, sondern stets an die Bastbelege anschließen. Mittelgroße Bündel besitzen nur einen, auch nur schwachen Leptombelag, und die kleinen entbehren der Skelettelemente sogar vollständig.

Außer den Leitbündeln verlaufen im Mesophyll isolierte, von sehr zahlreichen Stegmata bedeckte, rundliche Baststränge, und zwar teils im Palisadengewebe, teils im Schwammparenchym, teils auf der Grenze beider Gewebearten. Die wenigen Queranastomosen sind sehr schwach. Der Rand der Fieder hat eine enorme Verstärkung erfahren, indem die stark verdickte Randpartie einen sehr kräftigen, mit zwei Zugängen versehenen, mehrere Mestombündel umschließenden Bastring führt, wie man ihn in der Fiedermittelrippe der meisten Fiederpalmen findet. Derselbe sichert die lange Fieder nicht nur gegen seitliches Einreißen, sondern verleiht ihr auch eine erhebliche Biegefestigkeit. Immerhin aber bleibt auch hier die Mittelrippe der Hauptträger. Der außergewöhnlichen Dicke derselben entspricht nämlich ganz die Weite des mechanischen Hohlzylinders, dessen Schutz relativ sehr zahlreiche Mestombündel genießen. Es sei noch erwähnt, daß sich im Gegensatz zum Fiederpalmentypus an denjenigen Teil des überaus weiten und sehr derbwandigen Hohlzylinders, der sich oberhalb der Zugänge befindet, von außen kleine Mestombündel lehnen, ihr Leptom mit dessen Belag nach außen wendend.

C. Zusammenfassung.

Die Resultate meiner Untersuchungen lehren, daß im allgemeinen die Blattanatomie der Ausdruck der Lebensbedingungen ist, unter denen die betreffende Palme vegetiert. *Sabal umbra-culifera*, *Rhapis flabelliformis*, *Mauritia vinifera*, *Borassus flabelliformis*, *Thrinax Miraguana*, *Hyphaene thebaica*, *Cocos plumosa*, *Cocos coronata*, *Phoenix zeylanica* und *Jubaea spectabilis* haben an ihrem natürlichen Standort Trockenperioden von größerer oder geringerer Stärke und Dauer durchzumachen und besitzen dementsprechend einen mehr oder minder ausgiebigen Transpirationsschutz. Auch haben diese xerophil gebauten Palmen in ihren Assimilationsorganen ein besonderes, mehr oder minder starkes, subepidermales Skelett, das den rein hygrophilen Arten so gut wie vollständig fehlt. Offenbar ist die Stärke der an Orten mit Trockenperioden herrschenden Stürme und Niederschläge das Motiv, weshalb die Blätter der betreffenden Palmen

eines kräftigen biegungsfesten, also peripherischen Skelettes bedürfen. Dieses fungiert in Verbindung mit der festgefügtten Epidermis einmal als überaus biegungsfestes Trägersystem und zum andern, falls ein nahezu kontinuierlicher Bastmantel vorhanden ist, als Panzer gegen die zerstörende Wirkung der Niederschläge.

Sabal umbraculifera: Außenwand an Ober- und Unterseite sehr dick. Tiefer, mit körnigem Wachs angefüllter Krater über den an beiden Blattseiten befindlichen Stomata. Die Wände sämtlicher Zellen des zweischichtigen Hautgewebes bis auf eine das Lumen auskleidende Schicht cutinisiert. Sehr enges Durchlüftungssystem. Die subepidermalen Bastbalken namentlich an der Oberseite sehr hoch. Zahlreiche, sehr starke, fast nur aus Bast bestehende Queranastomosen. Bedeutende Randverstärkungen.

Rhapis flabelliformis: Die mäßig derben Wände der Epidermiszellen verkorkt. Unter der Epidermis eine einschichtige Bastlage, die an der Unterseite zwar große, an der Oberseite aber nur sehr kleine durch Wassergewebezellen ausgefüllte Unterbrechungsstellen zeigt. Die nur an der Unterseite befindlichen Stomata nicht eingesenkt. An der Unterseite der Lamina mehrzellige Haare. Zahlreiche, fast ausschließlich aus Bast bestehende Queranastomosen. Schwache Randverstärkung.

Mauritia vinifera: Außenwand der Oberseite recht derb, diejenige der Unterseite von mäßiger Stärke. Beide bis auf eine dünne Schicht cutinisiert und von einer homogenen Wachsschicht überzogen. Die nur an der Unterseite befindlichen Stomata ein wenig eingesenkt. Subepidermale Bastrippen namentlich an der Oberseite sehr stark und gedrängt stehend. Zwischen ihnen hohe Wassergewebezellen. Sehr zahlreiche starke Queranastomosen. Stark gefestigter Rand.

Borassus flabelliformis: Epidermiszellen mit mäßig derber Außenwand vollständig verkorkt. Die zu beiden Blattseiten befindlichen Stomata eingesenkt, und die so entstandenen Krater mit Wachs angefüllt. Hohes, einschichtiges, derbwandiges, poröses Wassergewebe. An Ober- und Unterseite zahlreiche, flach anliegende, mehrzellige Trichome. Interzellularen von nur mäßiger Weite. Das mäßig starke subepidermale Skelett an der Oberseite kräftiger als an der Unterseite. Zahlreiche, außergewöhnlich starke Queranastomosen. Randverstärkungen verhältnismäßig schwach.

Thrinax Miraguana: Nach Pfister an der Blattoberseite eine 12 μ starke Außenwand mit einem Wachsbelag und eine außergewöhnlich hohe, fast ununterbrochene subepidermale Bastlage; an der Unterseite weit schwächere Außenwand und keine Bastlage. Wassergewebe einschichtig und kleinzellig.

Hyphaene thebaica: Die mäßig derbe Außenwand, sowie Radial- und Querwände der Epidermiszellen bis auf eine dünne Schicht cutinisiert. Zweischichtiges Wassergewebe. Chlorophyllgewebe derbwandig. Interstitien nur von mäßiger Weite. Die zu beiden Seiten befindlichen Stomata nicht eingesenkt. Hohe schmale

I-Träger. Mächtige Randverstärkung. Die hier aus Sieb- und Gefäßteil bestehenden Queranastomosen nur spärlich und schwach.

Cocos plumosa und **Cocos coronata**: Die Außenwand, die an der Oberseite sehr dick, an der Unterseite aber weit schwächer ist, zeigt einen Wachsüberzug. Sämtliche Wände der Epidermiszellen bis auf eine äußerst dünne Schicht verkorkt. Aus sehr engen Gängen bestehendes Durchlüftungssystem. Die nur an der geschützten Unterseite der zurückgeschlagenen Fiedern befindlichen Stomata kaum merklich eingesenkt. Einschichtiges Wassergewebe. Subepidermale Bastrippen an der Oberseite stark, an der Unterseite sehr schwach. Randverstärkung und zahlreiche starke Queranastomosen vorhanden.

Phoenix zeylanica: Außenwand ziemlich derb. Epidermis- sowie Hypodermiszellen bis auf eine das Lumen auskleidende Schicht verkorkt. Die zu beiden Seiten befindlichen Stomata nicht eingesenkt. Durchlüftungssystem sehr eng. Namentlich an der Oberseite sehr starke, gedrängt stehende subepidermale Bastrippen. Wenige schwache Queranastomosen. Gut gefestigter Rand.

Jubaea spectabilis: Außenwand an der Oberseite sehr derb, an der Unterseite weit schwächer. Sämtliche Wände der Epidermiszellen fast vollständig verkorkt. Sehr enge Interstitien; Stomata aber nicht eingesenkt. Wassergewebe an der Unterseite einschichtig, an der Oberseite dreischichtig. Gedrängt stehende, enorm starke I-Träger. Zahlreiche starke Queranastomosen. Randverstärkungen fehlen.

Einen xerophilen Blattbau besitzen ferner *Sabal Adansonii*, *Sabal Palmetto* und *Rhapidophyllum Hystrix*. Sie bewohnen die südöstlichen Unionstaaten Nordamerikas und somit die Nordgrenze des Palmengebietes. Zwar kann hier von typischen Trockenperioden nicht die Rede sein; immerhin aber ist wegen des stark kontinentalen Klimas der ausgiebige Transpirationsschutz in den assimilierenden Organen dieser Palmen verständlich.

Sabal Adansonii und **Sabal Palmetto**: Dieselben Schutzeinrichtungen wie bei *Sabal umbraculifera* und zwar in nahezu gleicher Ausbildung. Skelett wohl schwächer, aber ähnliche Konstruktionsform.

Rhapidophyllum Hystrix: Außen-, Radial-, Quer- und zum Teil auch die Innenwände der Epidermiszellen fast vollständig verkorkt. Außenwand der Oberseite sehr viel dicker als diejenige der Unterseite und mit einer Wachsschicht bedeckt. Wassergewebe einschichtig. An der Unterseite Hautschuppen. Mesophyll ziemlich lakunös. Stomata so gut wie garnicht eingesenkt. Nur an der Oberseite hohe subepidermale Bastrippen. Randverstärkungen vorhanden. Queranastomosen spärlich und schwach.

Einen hygrophilen Blattbau besitzen im Einklange mit ihren klimatischen Standortsverhältnissen *Chrysalidocarpus lutescens*, *Arenga Wightii*, *Caryota urens*, *Pinanga Kuhlii* und *Martinezia Lindeniana*. Ihnen allen fehlt ein besonderes, subepidermales Skelett (vgl. p. 150).

Die relativ schwachen Baststadien der Mestombündel erreichen so gut wie nirgends das Hautgewebe.

Chrysalidocarpus lutescens: Schwache Außenwand mit dünner Cuticula. Durchlüftungssystem sehr geräumig. Die nur an der Unterseite befindlichen Stomata nicht eingesenkt. Wassergewebe einschichtig. Erhebliche Randverstärkung. Wenige schwache Queranastomosen.

Arenga Wightii: Die sehr schwache Außenwand der Unterseite und die etwas stärkere der Oberseite mit dünner Cuticula. Sehr lakunöses Schwammparenchym. An der Unterseite nicht eingesenkte Stomata und ein filzartiger Überzug, der wahrscheinlich aus den vorhandenen Emergenzen gebildet wird. Wassergewebe einschichtig. Bedeutende Randverstärkung. Schwache Queranastomosen in geringer Anzahl.

Caryota urens: Mäßig dicke Außenwand mit dünner Cuticula. Sehr geräumiges Durchlüftungssystem. Die fast nur an der Unterseite befindlichen Stomata nicht eingesenkt. Einschichtiges Wassergewebe. Queranastomosen sehr spärlich und schwach. Keine Randverstärkung.

Pinanga Kuhlii: Schwache Außenwand mit sehr dünner Cuticula. Mesophyll sehr lakunös. Die auf die Unterseite beschränkten Stomata nicht eingesenkt. Wassergewebe fehlt. An Ober- und Unterseite Trichome, die sehr wahrscheinlich als Hydathoden anzusprechen sind. Queranastomosen sehr spärlich und außerordentlich schwach. Randverstärkungen vorhanden.

Martinezia Lindeniana: Relativ schwache Außenwand mit dünner Cuticula. Geräumiges Durchlüftungssystem. Die nur an der Unterseite befindlichen Stomata ohne nennenswerte äußere Atemhöhle. Hohes einschichtiges Wassergewebe unter der gleichfalls hochzelligen Epidermis. Zugfester Bau. Keine besondere Festigung gegen scherende Kräfte.

Die übrigen vier untersuchten Palmen nehmen eine Zwischenstellung ein zwischen den rein xerophil und typisch hygrophil gebauten. An *Sabal Adonsonii*, *Sabal Palmetto* und *Rhapidophyllum Hystrix* schließt sich

Trachycarpus Khasyana am engsten an. Auch ihr Wohngebiet liegt schon etwas nördlich der heißen Zone und erreicht in den Khasya hills eine Höhe von 4000'. Trotz des Fehlens von Trockenperioden bedürfen aber ihre assimilierenden Organe eines nicht geringen Transpirationsschutzes, und zwar wegen der starken Insolation. Die Außenwand, die zwar nur dünn ist, sowie die Radial-, Quer- und zum Teil auch die Innenwände sind, bis auf eine sehr dünne Schicht, verkorkt. Die einschichtige subepidermale Bastlage der Oberseite mit ihren kleinen Vorsprüngen hat nur kleine Unterbrechungsstellen, die von ein bis zwei kleinen Wassergewebezellen ausgefüllt werden. Die kleinen Bastrippen der Unterseite lassen Raum für eine weit größere Anzahl Wassergewebezellen

und für die Stomata. Diese sind nicht eingesenkt. Mesophyll ziemlich lakunös. Starke Queranastomosen in geringer Anzahl.

Trithrinax brasiliensis. Die Heimat dieser Palme ist zwar ein immerfeuchtes Tropengebiet; aber ihre Blattflächen sind der direkten Insolation ausgesetzt und bedürfen daher eines gewissen Schutzes: Außenwand zwar nur von mäßiger Dicke, aber fast ganz cutinisiert. Einschichtiges Wassergewebe. Unter diesem an der Oberseite zahlreiche, sehr starke Baststränge, an der Unterseite jedoch nur kleine Bastgruppen und zwar noch dazu in größeren Abständen. Stomata ohne äußere Atemhöhle. Mesophyll sehr lakunös. Mäßige Anzahl Queranastomosen von mittlerer Stärke.

Nipa fruticans hat weder Trockenperioden durchzumachen, noch mangelt es ihr an reichlichem Bodenwasser. Sie wurzelt vielmehr meist direkt im Meerwasser. Da die Wasseraufnahme wegen des Salzgehaltes erschwert wird, und andererseits auch die Blätter, namentlich zur Mittagszeit, einer starken Insolation durch die tropische Sonne ausgesetzt sind, so wird man begreiflich finden, daß diese Palme einen verhältnismäßig ausgiebigen Transpirationsschutz besitzt: Die Wände der kleinzelligen Epidermis sind zwar nur schwach, aber so gut wie vollständig verkorkt. Außenwand mit einer Wachskruste bedeckt. Die nur an der Unterseite befindlichen Stomata sind geschützt sowohl durch ihre Einsenkung, als auch durch ihren seltsamen Bau. Wassergewebe an der Oberseite zweischichtig, an der Unterseite zwei- bis dreischichtig. Mesophyll sehr lakunös. Ein besonderes subepidermales Skelett nicht vorhanden. Wenige, sehr schwache Queranastomosen. Enorme Randverstärkung.

Wallichia densiflora bewohnt ein Gebiet mit Trockenperioden. Da sie aber eine Schattenpalme ist, so bedürfen und besitzen daher auch ihre Blätter einen nur mäßigen Transpirationsschutz: Außenwand mit mäßig starker Cuticula, namentlich an der Oberseite recht dick. Krater über den nur an der Unterseite befindlichen Stomata. An Unterseite ähnliche Emergenzen und ein ähnlicher filzartiger Überzug wie bei *Arenca Wightii*. Wassergewebe einschichtig. Mesophyll mit hygrophilem Charakter. Nur sehr wenige durchgehende I-Träger. Queranastomosen sehr selten und ohne Bastscheide. Enorme Randverstärkung.

Das Wassergewebe, das unter den von mir untersuchten Palmen nur bei *Pinanga Kuhlii* gänzlich fehlt, ist kein xerophytisches Merkmal. Es findet sich nämlich nicht nur bei xerophilen, sondern auch bei hygrophilen Palmen. Außerdem vermag es täglich nur kurze Zeit, also periodisch, Dienste zu leisten, während die Funktion eines xerophytischen Merkmals zeitlich unbegrenzt ist. Bobisut sagt l. c. p. 32: „Auffallend ist es, daß bei den speziellen Anpassungen an erhöhten Transpirationsschutz das Wassergewebe so gut wie keine Rolle spielt. Das Wassergewebe von *Cocos uncifera* (Xerophyt) ist nicht viel mächtiger entwickelt als das von *Elaeis guineensis* (Hygrophyt); und *Chamaerops humilis* (Xerophyt) besitzt gar nur ein einschichtiges, kleinzelliges Wassergewebe. Diese Erscheinung spricht wohl dafür, daß die anderweitigen Schutzmittel

gegen übermäßige Transpiration so vortrefflich funktionieren, daß das Wassergewebe in der Ausbildung, in welcher es sich schon an hygrophilen Palmenblättern vorfindet, nicht abgeändert zu werden braucht, um seiner Aufgabe als lokaler Wasserspeicher zu genügen.“ Wenn ich mich im allgemeinen diesen Worten anschließe, so möchte ich doch auf den Inhalt des letzten Satzes noch etwas näher eingehen.

Daß die „anderweitigen Schutzmittel“ an sich gut funktionieren, erscheint mir ziemlich selbstverständlich. Wie sehr sie aber bei den einzelnen Palmen die Transpiration herabsetzen, hängt vielmehr von der Anzahl dieser Schutzeinrichtungen und von dem Grad ihrer Ausbildung ab. Die Stärke dieses Transpirationsschutzes entspricht nun weder bei den Xerophyten, noch bei den meisten Hygrophyten den wenigen Stunden stärkster Transpiration, sondern beide besitzen einen geringeren Schutz; denn andernfalls würde ja bei beiden ein Wassergewebe überhaupt überflüssig sein. Übersteigt nun bei irgend einer Palme bei dem vorhandenen Transpirationsschutz und den betreffenden Standortverhältnissen die Transpiration in den heißesten Tagesstunden das zulässige Maß nur wenig, so ist ein nur kleines Wasserreservoir erforderlich; wird dagegen das zulässige Maß weit überschritten, so muß das Wassergewebe eben voluminöser sein. Daß beides nicht nur bei Hygrophyten, sondern auch bei Xerophyten vorkommen kann und offenbar auch tatsächlich vorkommt, bedarf wohl keiner weiteren Erörterung. Daher ist es denn auch erklärlich, daß nach den Befunden das Wassergewebe bei xerophil und hygrophil gebauten Palmen schwankend entwickelt, bald bei den einen, bald bei den andern mehr oder weniger gut ausgebildet ist.

Da ich im allgemeinen Teil nicht speziell auf die Anordnung und Lage der rein mechanischen Elemente eingegangen bin, so muß ich hier dem Skelettsystem noch eine besondere Betrachtung widmen.

Unter den untersuchten Palmen besitzt allein *Martinezia Lindeniana* Blätter mit herabhängenden Fiedern. Diese sind dementsprechend zugfest gebaut, indem in der Mitte des Mesophylls sehr zahlreiche, gewaltige Baststränge verlaufen und die Belege der Mestombündel nur lokale Bedeutung haben. Alle anderen untersuchten Arten haben mehr wagerecht gestellte oder höchstens etwas überhängende Blattspreiten. Diese sind demgemäß biegungsfest gebaut. Die mechanischen Elemente liegen mehr peripherisch, nähern sich der oberen und unteren Epidermis. In ihrer Anordnung herrscht große Mannigfaltigkeit. Nach ihrem Blattgerüst kann man die bisher untersuchten Palmen mit biegungsfest gebauten Blättern in drei Gruppen einteilen, solche mit inneren, gemischten und subepidermalen Trägern.

Innere Träger.	Gemischte Träger.	Subepidermale Träger.
<i>Chrysalidocarpus lutescens</i> <i>Arenga Wightii</i> <i>Wallichia densiflora</i> <i>Caryota urens</i> <i>Pinanga Kuhlii</i> <i>Nipa fruticans</i>	<i>Rhapidophyllum Hystrix</i> <i>Mauritia vinifera</i>	<i>Sabal umbraculifera</i> „ <i>Adansonii</i> „ <i>Palmetto</i> <i>Rhapis flabelliformis</i> <i>Borassus</i> „ <i>Thrinax Miraguana</i> <i>Trachycarpus Khasyana</i> <i>Trithrinax brasiliensis</i> <i>Hyphaene thebaica</i> <i>Cocos plumosa</i> „ <i>coronata</i> <i>Phoenix zeylanica</i> <i>Jubaea spectabilis</i>

Bei dieser Einteilung sind natürlich diejenigen Bündelbelege, die nur lokale Bedeutung haben, außer acht gelassen.

Wo die Skelettscheiden der Mestombündel stark sind und vom Hautgewebe mehr oder weniger weit entfernt bleiben, da spricht man von inneren Trägern. Wo außer diesen noch ein subepidermales Skelett, sei es in Form isolierter Balken oder in Form von Belegen großer Mestombündel, vorhanden ist, da redet man von gemischten Trägern. Wie man sich nun die subepidermalen Träger zu denken hat, ist wohl ohne weiteres ersichtlich. Entweder fehlen vom Hautgewebe durch Parenchym getrennte Bündelscheiden vollständig, oder sie sind so schwach, daß sie unberücksichtigt bleiben können. Es ist hiernach ersichtlich, daß in gewissen Fällen schwer zu entscheiden ist, ob ein gemischtes oder subepidermales Trägersystem vorliegt.

Es ist von Schwendener (l. c. p. 82) und ursprünglich auch von Haberlandt (l. c. p. 121, Aufl. I) hervorgehoben, daß innere Träger, von rein mechanischen Gesichtspunkten aus betrachtet, eine irrationelle Konstruktionsform seien. Stahl (l. c. p. 172) und hernach auch Haberlandt (l. c. p. 159, Aufl. II; p. 166, Aufl. III) haben sich jedoch bemüht, die inneren Träger in den Palmenblättern als eine durchaus zweckmäßige Einrichtung erscheinen zu lassen und zwar mit dem Hinweis auf den Umstand, daß die vom Sturm gepeitschten Blätter einer erheblichen Biegsamkeit bedürfen. So einfach aber erscheint mir die Sache denn doch nicht. Wohl erlangen die Blätter durch das Nachinnenrücken der Bastelemente eine größere Biegsamkeit. Daß dies aber der Zweck dieser Einrichtung ist, halte ich für sehr fraglich und gesucht, zumal eine Blattfläche schon wegen ihrer geringen Dicke trotz der Gegenwart eines kräftigen, subepidermalen Skelettes die „nötige¹⁾ Biegungs-

¹⁾ Übrigens ist die so viel gepriesene Biegsamkeit der Blätter nach meinem Dafürhalten keineswegs aus mechanischen Rücksichten notwendig; wenigstens hat einen überzeugenden Beweis dafür bisher niemand erbracht. Ganz abgesehen von dem Umstand, daß ein großer Teil der Blattfläche mancher Fächerpalmen sich unter dem Einflusse des Windes relativ starr erweist, ist die bei den Blättern vieler anderer Palmen nun wirklich vorhandene Biegsamkeit lediglich eine Folge ihrer nur aus physiologischen Gründen geforderten geringen Dicke und ihrer flachen Ausbreitung.

fähigkeit“ besitzen dürfte. Gegenüber Haberlandt's Behauptung (l. c. p. 166, Aufl. III) sind meines Erachtens die Blätter in ganz demselben Sinne biegungsfest gebaut, wie der Stamm. Daß die Blätter biegsamer sind, als der Stamm, ist allein die notwendige Folge ihrer geringen Dicke. Sie erfahren nämlich bei gleichem Dehnungsgrad der peripherisch gelegenen Bastfasern eine viel stärkere Krümmung, als der Stamm. Kurz: Die Blattorgane sind in demselben Sinne biegungsfest konstruiert, wie der Stamm. Die Blätter sind biegsam, weil ihre Dicke und somit die Trägerhöhe nur gering ist. Der Stamm ist relativ starr, weil er nicht nur enorme Bastmassen, sondern vor allen Dingen auch einen großen Durchmesser besitzt und damit eine entsprechend große Trägerhöhe.

Bezüglich der inneren Träger, also der Konzentration der mechanischen Elemente nach der Mitte des Blattquerschnittes, bin ich nun folgender Ansicht: Für Blätter, die nur innere Träger besitzen, genügt eben rücksichtlich der Standortverhältnisse ein derartiges, weniger biegungsfestes und zugleich den Mestombündeln zum Schutz dienendes Skelett. Blätter, die stärker auf Biegung beansprucht werden und daher eines kräftigeren Skelettes bedürfen, haben ein subepidermales oder gemischtes¹⁾ Trägersystem.

Die subepidermalen Bastrippen in den Blättern vieler Palmen stehen einander nicht genau opponiert. Haberlandt (l. c. p. 159, Aufl. II; p. 166, Aufl. III) sieht hierin wiederum nur deshalb eine rationelle Konstruktionsform, weil nach seiner Meinung die „notwendige Biegsamkeit“ der Blätter hierdurch erhöht werde. In anderem Falle wäre also nach ihm die betreffende Konstruktionsform irrationell. Dem kann ich ebenfalls nicht zustimmen und zwar aus demselben Grunde wie oben. Die geringe Dicke der Blätter bürgt schon ohnehin für eine erhebliche Biegungsfähigkeit. Auch vom rein mechanischen Standpunkte aus brauchen die Gurtungen nicht direkt einander gegenüber zu stehen, wenn nur durch das übrige Gewebe für die nötige Festigkeit zur Erhaltung der Querschnittform gesorgt ist. Wir haben dann in diesen Blättern eben sogenannte kombinierte Träger.

Erwähnen möchte ich noch, daß bei denselben äußeren Umständen bezüglich der Biegungsfestigkeit auf die Breite des Blattes garnichts ankommt; denn mit der Breite wächst in demselben Verhältnis auch die Anzahl der Träger. Wäre in der Blattfläche nur ein einziger Träger vorhanden, so wäre dessen Stärke natürlich neben der Länge noch von der Breite der dem Winde zum Angriff gebotenen Blattfläche abhängig. Nach der Größe der Blattfläche, unter Mitberücksichtigung der am Standort herrschenden Winde, muß sich auch die Stärke des Petiolus richten. Dasselbe gilt vom Stamm, dem Träger sämtlicher Blätter. Die gewaltige Kraft, mit der die Krone mancher Palmen vom Sturm erfaßt wird, erfordert den starken, bei ruhigem Wetter starr erscheinenden und einen schlanken Träger von gleichem Widerstande darstellenden Stamm,

¹⁾ Bei dem gemischten Trägersystem kommen die inneren Träger im Vergleich zum peripherischen Gerüst meistens kaum in Betracht.

der sich unter dem Einflusse des Sturmes aber als sehr biegsame Säule erweist.

Es ist schon von Haberlandt (l. c. p. 121 u. 122, Aufl. I) und Stahl (l. c. p. 173) erwähnt, daß das peripherische Skelett an der Oberseite der Blätter der meisten Palmen stärker ist, als an deren Unterseite. Die Frage nach dem Zweck dieser anscheinend so irrationellen Konstruktionsform harret noch heute ihrer Lösung. Doch möchte ich darauf hinweisen, daß die Blattoberseite doch ohne Zweifel den Unbilden der Witterung am meisten preisgegeben ist. Sollte sie nicht einer derberen Ausbildung als die Unterseite bedürfen, da sie sowohl dem starken Regengusse, als auch dem direkten Übergang zu einer starken Insolation unmittelbar ausgesetzt ist.

Endlich möchte ich noch einer Erscheinung gedenken, die ganz im Dienste des mechanischen Prinzips steht. Bei denjenigen Fächerblättern, bei denen die Spreite an der Basis stark gefaltet bleibt, rücken die Skelettstränge hier von der Peripherie mehr oder weniger weit ins Innere des Mesophylls. Ihre periphere Lage ist nicht so unbedingt nötig, da die Trägerebene am genannten Ort nicht rechtwinklig zur Faltenlamelle zu stehen, sondern mit dieser mehr oder weniger parallel zu laufen hat.

Literatur-Verzeichnis.

1. Bargagli Petrucci, G., Ricerche anatomiche sopra *Chamaerops humilis*, la *Phoenix dactylifera* ed i loro pretesi ibridi. (Malp. XIV.)
2. Bobisut, O., Zur Anatomie einiger Palmenblätter. (Sitz.-Ber. der Kaiserl. Akademie d. Wissenschaften in Wien. Math.-naturw. Klasse. Bd. CXIII. Abt. I. 1904.)
3. Deinema, V., Beiträge zur Kenntnis der Entwicklungsgeschichte des Blattes und der Anlage der Gefäßbündel. (Flora. Bd. 85. 1898.)
4. Druide, O., I. *Palmae*. (Engler, A. und Prantl, K., Die natürlichen Pflanzenfamilien. 1889.)
5. —, II. Die geographische Verbreitung der Palmen. (Petermanns geographische Mitteilung. 1878.)
6. Eberwein, R., Zur Anatomie des Blattes von *Borassus flabelliformis*. (Sitz.-Ber. d. Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Bd. CXII. 1903.)
7. Eichler, A. W., Zur Entwicklungsgeschichte der Palmenblätter. (Abhandlung. d. Königl. Akademie d. Wissenschaften zu Berlin. 1885.)
8. Grisebach, A., Die Vegetation der Erde. 1872.
9. Haberlandt, G., Physiologische Pflanzenanatomie. I., II. u. III. Aufl.
10. Kohl, F. G., Anatomisch-physiologische Untersuchungen der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze. Marburg 1889.
11. La Floresta, P., Sul meccanismo della caduta delle foglie nelle Palme. (Contribuzioni alla Biologia vegetale. Palermo 1904.)
12. Licopoli, G., Ricerche anatomiche e microchimiche sulla *Chamaerops humilis* L. ed altre palme. (Atti dell'Accad. di Sc. Fis. e Mat. di Napoli. Vol. IX. Napoli 1881.) Vgl. dazu das Referat von E. Loew (Bot. Jahrbuch. 1881. Bd. I. p. 439).

13. Martius, v., Die geographisch. Verhältnisse d. Palmen mit besonderer Berücksichtigung d. Hauptflorenreiche. (Münchener gel. Anzeigen. VI. [1838].)
 14. Mettenius, G., Abh. d. math.-phys. Klasse d. Königl. sächs. Ges. d. Wiss. Bd. VII. No. II. 1864.
 15. Mohl, H., De Palmarum structura. MDCCCXXXI.
 16. Naumann, A., Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Palmenblätter. (Flora. Bd. 70. 1887.)
 17. Pfister, Rud., Beitrag zur vergleichenden Anatomie der Sabaleen-Blätter. (Inaug.-Diss.) Zürich 1892.
 18. Rosanoff, S., Über Kieselsäure-Ablagerungen in einigen Pflanzen. (Bot. Ztg. 1871. No. 44 und 45.)
 19. Schwendener, S., Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen. 1874.
 20. Seemann, Berthold, Die Palmen. 1863.
 21. Solla, R. F., Sui cristalli di silice in serie perifasciali nelle palme. Nota preliminare. (Nuovo Giorn. bot. ital. Vol. XVI. 1884.) Vgl. dazu d. Referat von C. Müller (Bot. Jahresber. 1884. Bd. I. p. 288).
 22. Stahl, E., Regenfall und Blattgestalt. (Annales du Jardin bot. de Buitenzorg. Vol. XI. 1893.)
 23. Treub, M., Observations sur le sclérenchyme. Bd. V. Amsterdam 1877.
 24. Wendland, H., Die habituellen Merkmale der Palmen mit fächerförmigem Blatt, der sogen. Sabalartigen Palmen. (Bot. Ztg. Bd. 37. 1879.)
 25. Wiesner, G., Die Rohstoffe des Pflanzenreichs. Bd. II, Abschnitt: Fasern. Leipzig 1903.
 26. Zawada, K., Das anatomische Verhalten der Palmenblätter zu dem System dieser Familie. (Inaug.-Diss.) Erlangen 1890.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Botanisches Centralblatt](#)

Jahr/Year: 1907

Band/Volume: [BH_22_1](#)

Autor(en)/Author(s): Koop Hermann

Artikel/Article: [Anatomie des Palmenblattes mit besonderer Berücksichtigung ihrer Abhängigkeit von Klima und Standort. 85-159](#)