

Beiträge zur Anatomie des Stockes von Saccharum.

Von

A. Wieler.

Hierzu Tafel IV und V.

Gelegentlich meiner Untersuchung über die beim Zuckerrohr in den Gefäßbündeln und in den Intercellularen auftretenden gummösen Verstopfungen habe ich auch der Anatomie des Stockes meine Aufmerksamkeit zugewandt und einige Beobachtungen gemacht, deren Mitteilung mir wünschenswert erscheint. Wie mangelhaft bekannt in jeder Hinsicht das Zuckerrohr ist, kommt demjenigen unliebsam zum Bewusstsein, der gezwungen ist, sich mit demselben zu beschäftigen. Freilich mag es dies Schicksal mit den meisten anderen tropischen Kulturpflanzen teilen. An einer monographischen Bearbeitung der Anatomie des Zuckerrohres fehlt es noch vollständig; wir sind lediglich, so weit meine Kenntnis der einschlägigen Literatur reicht, auf mehr gelegentliche und aphoristische Angaben von Wiesner,¹ Schwendener,² de Bary,³ Kny⁴ und Hohenauer⁵ angewiesen. Die Hohenauersche Arbeit enthält im Grunde nichts Neues. Eine systematische Bearbeitung der Anatomie wäre unter diesen Umständen sehr erwünscht und kann den Anatomen unter den Systematikern empfohlen werden, denn nach meiner oberflächlichen Kenntnisnahme der anatomischen Verhältnisse sind aus ihnen Anhaltspunkte zur Unterscheidung der Arten von Saccharum

¹ J. Wiesner, Einleitung in die Technische Mikroskopie nebst mikroskopisch-technischen Untersuchungen, Wien 1867.

² S. Schwendener, Das mechanische Prinzip im anatomischen Bau der Monocotylen, Leipzig 1874.

³ de Bary, Vergl. Anatomie der Vegetationsorgane, Leipzig 1877.

⁴ L. Kny, Botanische Wandtafeln.

⁵ F. Hohenauer, Vergleichend anatomische Untersuchungen über den Bau des Stammes bei den Gramineen. Verh. d. k. k. Zool. Bot. Ges. in Wien, 1893, Bd. XLIII, p. 552—568.

oder wenigstens der Varietäten von *Saccharum officinarum* zu erwarten. Einstweilen mögen meine Mitteilungen dazu beitragen, einige von den zahlreichen Lücken in unserer Kenntnis auszufüllen.

Als Untersuchungsobjekt diente mir eine Varietät von *Saccharum officinarum* aus British Guiana und die in Java angebaute Varietät Teboe Cheribon. Für einige Punkte habe ich noch einige andere Varietäten Teboe Branche blanche (Nr. 33), Teboe Loethers (Nr. 32), Teboe Gagak (Nr. 104), Teboe Soerat Njamplong (Nr. 28), Teboe Djoendjoeng und zwei andere Arten von *Saccharum* in die Untersuchung gezogen: *S. spontaneum* (Teboe Glagah Nr. 36) und eine unbestimmte Art mit der Bezeichnung Teboe Glonggong (Nr. 37). Dies letztere Rohr ist von Kobus als *S. Soltwedelii* beschrieben worden, soll aber möglicherweise zu *S. arundinaceum* oder *S. ciliare* gehören.¹ Alles Material mit Ausnahme des Rohres aus Guiana stammte aus dem Pflanzgarten der früheren Versuchsstation „Midden-Java“ auf Java und wurde mir auf Veranlassung des damaligen Direktors, Herrn Dr. F. Benecke, gesandt. Die hinter den Rohrbezeichnungen eingeklammerten Nummern sind die Nummern des Varietätenverzeichnisses des Pflanzgartens der Versuchsstation.² Das Rohr aus Guiana verdanke ich Herrn J. B. Harrison in Georgetown, dem Leiter des dortigen Government Laboratory. Mit Freuden ergreife ich hier die Gelegenheit, den beiden genannten Herren öffentlich meinen Dank für die Sendungen auszusprechen.³

Das untersuchte Rohr aus Guiana war ein schöner Stock, mehrere Meter lang, ohne Blätterschopf und ohne die ältesten untersten Glieder; es war aus Samen gezogen worden. Von dem javanischen Rohr Teboe Cheribon standen mir mehrere Pflanzen zur Verfügung, teils anscheinend gesundes, teils serehrkrankes Rohr.

Der Stock von *Saccharum* ist bekanntlich deutlich in Knoten und Internodien gegliedert. An dem verhältnismässig kurzen, anatomisch durch das Auftreten von Gefässbündelanastomosen charak-

¹ Diese Angaben verdanke ich brieflichen Mitteilungen des Herrn Dr. F. Benecke.

² Mededeelingen van het Proefstation „Midden-Java“ te Semarang. Registers der in den Proeftuin te Semarang aanwezige Varieteiten; samengesteld door Emil Rietzschel. — Semarang G. C. T. van Dorp & Co., 1890.

³ Es ist dies dasselbe Material, das mir zu meiner Untersuchung „Die gummosen Verstopfungen des serehrkranken Zuckerrohres“ (vergl. diese Beiträge III, p. 29 u. ff.) diente.

terisierten Knoten sitzen die Blätter, den Stock mit breiter Basis umfassend; in dem Blattwinkel befindet sich eine Knospe. Bei normaler Entwicklung fallen die Blätter nach bestimmter Zeit ab. Das verhältnismässig lange Internodium geht nach oben hin ganz allmählich in den Knoten über. Der unterste Teil des Internodiums hingegen setzt sich scharf gegen den Knoten ab und ist durch die Gegenwart von einem oder mehreren Kreisen von Wurzelanlagen ausgezeichnet. Sie sind äusserlich mit blossem Auge sichtbar, und ihrem Vorhandensein ist es wohl zuzuschreiben, dass die Glieder als Stecklinge verwendet werden können. Die Kultur des Zuckerrohres im grossen geschieht ja ausschliesslich durch Stecklinge.

Die Epidermis ist einschichtig und besteht aus lückenlos an einander schliessende Zellen von verschiedener Grösse und Ausbildung, welche bei verschiedenen Varietäten in verschiedener Anordnung auftreten. Fig. 13 Taf. V giebt ein kleines Stück der Oberhaut eines Internodiums des Rohres aus Guiana von der Fläche wieder. Es sind dreierlei Elemente vorhanden, zwei von ihnen bleiben kurz, während die dritte Art stark in die Länge gestreckt ist. Auf vier oder mehr hinter einander liegenden kurzen Zellen folgt eine lange, und dies Verhältnis kehrt mit geringen Abweichungen immer in gleicher Weise wieder. Vergleicht man mit diesem Flächenschnitt einen eines Internodiums von Teboe Cheribon (Fig. 1 Taf. IV), so springt ein bedeutender Unterschied zwischen beiden in die Augen. Auch hier sind die nämlichen Sorten von Zellen vorhanden, die kleineren aber in geringerer Zahl. Auf eine langgestreckte Epidermiszelle mit gewundenen Längswänden folgt ein Paar kleiner Zellen, welche analoge Verschiedenheiten wie die kleinen Zellen beim Rohr aus Guiana besitzen. Andere Varietäten habe ich nicht auf den Aufbau der Epidermis untersucht, doch muss ich aus gelegentlichen Wahrnehmungen vermuten, dass auch bei ihnen ähnliche Verschiedenheiten vorhanden sind.

Unsere beiden Figuren (1, 13) geben den Aufbau der Oberhaut etwa in der Mitte des Internodiums wieder. Auf dem Knoten und im untersten Teile des Internodiums treten kleine Abweichungen hinzu. Die Zellen sind alle in longitudinaler Richtung bedeutend verkürzt, und dabei mag stellenweise auch eine kleine Änderung in der Anordnung unterlaufen. Über den Wurzelanlagen ist die Wandverdickung in den Epidermiszellen mit undulierten Längs-

wänden bedeutend vermindert. Auf dem Knoten gesellen sich zu dem typischen Bilde Spaltöffnungen hinzu; sie sind bei Teboe Cheribon und dem Rohr aus Guiana auf diese Region beschränkt. Bei ersterem erscheinen sie allmählich, wo vom Internodium aus die rote Farbe in das Gelbliche übergeht; schon äusserlich wahrnehmbar gekennzeichnet ist hier die Spaltöffnungsregion durch die dicke weisse Wachsschicht, welche über jeder Spaltöffnung durchlöchert ist. Bei anderen Varietäten oder Arten ist die Verteilung der Spaltöffnungen vielfach eine andere. Ihre Gestalt ist die für die Gräser typische. Die Membranen sind stark verkieselt, so dass Chlorzinkjod sie ungefärbt lässt, und dass beim Verbrennen die Contouren der Schliesszellen deutlich hervortreten.

Die langgestreckten Epidermiszellen haben wellig verbogene Mittellamellen, wie es für Epidermiszellen eine häufige Erscheinung ist; in den Figuren 1, Taf. IV, 13 Taf. V ist das deutlich sichtbar, ebenso in der Abbildung A Fig. 140, (S. 254) bei Wiesner. Die Verdickungsschichten nehmen im allgemeinen denselben Verlauf wie die Mittellamelle, doch ist die Verdickung nicht überall von gleicher Mächtigkeit. Wie die Längsschnitte von Teboe Cheribon und vom Rohr aus Guiana zeigen, ist die Wandverdickung auf der oberen Seite der Epidermiszelle bedeutender als auf der unteren, überhaupt ist sie viel mächtiger bei dem Rohr aus Guiana als bei Teboe Cheribon, wie ein Vergleich meiner beiden Längsschnitte (Fig. 3, 4, Taf. IV) lehrt. Die Verdickungsschichten zwischen benachbarten Zellen sind von einfachen Tüpfeln durchsetzt, und eben solche Tüpfel finden sich zwischen der unteren Wand der Epidermiszelle und der an sie angrenzenden Sklerenchymzelle. Die Mittellamellen sind stark verkieselt, zum Teil auch die Verdickungsschichten, im übrigen sind die Zellwände cuticularisiert, nur auf der unteren Wand erwiesen sich die Verdickungsmassen als verholzt.

Die an diese Epidermiszellen angrenzenden verhältnismässig dünnwandigen und weitlumigen Zellen bieten nichts Besonderes; ihre Wände sind auch cuticularisiert und verkieselt. Umso auffallender hingegen ist die dritte Sorte Zellen. Auf dem Flächenschnitt erscheinen die rechteckigen (Fig. 13, Taf. V) oder in der Mitte schwach bisquitförmig eingeschnürten (Fig. 15, Taf. IV) Zellen als eine kompakte weisse Masse, von welcher sich, wenigstens bei Teboe Cheribon, in der Mitte ein stark glänzender Punkt oder eine stark

glänzende Linie abhebt, während beim Rohr aus Guiana in der Mitte der Zellen grössere und breitere derartige Massen wahrnehmbar sind. Unsere Figuren 1, 13, 5 geben Flächenansichten dieser Zellen bei beiden Rohrvarietäten. Diese durch ihr Aussehen unter dem Mikroskop sehr auffallenden Zellen sind die Wiesnerschen Kieselzellen. Auf S. 254 seiner „Einleitung“ findet sich eine Abbildung dieser Zellen von der Fläche. Dasselbst ist auch ein Querschnitt durch die Epidermis wiedergegeben, doch sind in ihm die Kieselzellen nicht angedeutet. Es ist unmöglich, aus diesen Bildern eine Vorstellung über den Aufbau der Kieselzellen zu erhalten. Das einzige, was man dem Querschnitt entnehmen kann, ist die Thatsache, dass die Epidermiszellen auf der Aussenwand stärker verdickt sind, als auf der Innenwand. Einen tieferen Einblick in den Aufbau der Oberhaut gewähren auch die beiden Querschnitte in de Barys, „Vergl. Anatomie“, Fig. 28 A. u. B., S. 88, welche wesentlich mit Rücksicht auf die Wachsbildung veröffentlicht wurden, nicht. de Barys Bilder stimmen mit meinen Erfahrungen und Beobachtungen nicht überein, allerdings ist mir unbekannt, welche Varietät de Bary untersucht; möglicherweise verhielt sich sein Material abweichend.

Hinsichtlich der Natur der Kieselzellen sind wir auf die Angaben Wiesners angewiesen. de Bary hat denselben nichts hinzugefügt und in dem Kohlschen Werke „Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze“ (Marburg 1889) finde ich sie überhaupt nicht erwähnt. Wiesner giebt Folgendes über die Kieselzellen an: „Die Kieselzellen haben in der Flächenansicht eine nahebei quadratische Form und sind schwächer pigmentiert als die Oberhautzellen.“ „Durch Einwirkung von Chromsäure werden sämtliche Oberhautzellen rasch entfärbt; die Oberhautzellen verfallen alsbald der Wirkung des Reagens, während die Kieselzellen nach der Entfärbung gänzlich unverändert im Reagens verbleiben.“ Eine befriedigende, geschweige erschöpfende Darstellung ist das keinesfalls, da der Kernpunkt kaum berührt ist. Meine Beobachtungen werden zeigen, dass der Sachverhalt ein anderer ist.

In den beiden untersuchten Rohrvarietäten habe ich niemals eine Färbung der Kieselzellen gesehen. Wenn ich nun auch Alkoholmaterial benutzt habe, so ist es doch nicht wahrscheinlich, dass aus diesen Zellen der Farbstoff ausgezogen worden ist, während er in

den benachbarten Zellen erhalten blieb. Wiesner wird voraussichtlich eine andere Varietät untersucht haben; darauf deutet auch seine Angabe über die Gestalt der Zelle, während die Anordnung der verschiedenen Epidermiselemente derjenigen bei Teboe Cheribon entsprochen haben dürfte. Es ist dann auch nicht ganz ausgeschlossen, dass sich die Kieselszellen bei seinem Rohr hinsichtlich der Verkieselung anders verhalten haben als bei den von mir untersuchten Varietäten, wenn es auch nicht sehr wahrscheinlich ist.

Wiesner und de Bary sprechen übereinstimmend lediglich von einer Verkieselung der Membran in den Kieselszellen. Sie müssen sich alsdann den Sachverhalt folgendermassen gedacht haben. Die Zellwand verdickt sich so stark, dass die Verdickungsmassen fast den ganzen Raum der Zelle bis auf ein kleines Lumen ausfüllen; diese Wandmasse wäre dann in analoger Weise mit Kieselsäure imprägniert worden, wie es überhaupt für die verkieselten Membranen angenommen wird. Wäre das der wahre Sachverhalt, so müsste ein durch Verbrennen hergestelltes Skelett die Kieselszellen ganz unverändert erscheinen lassen. Das ist aber keineswegs der Fall. Im Skelett bieten die Kieselszellen ein ganz anderes Aussehen. Man erblickt jetzt in jeder Zelle einen kompakten eigentümlich gestalteten glänzenden Körper. Was auf dem Flächenschnitt vor dem Verbrennen als Lumen der Zelle erschien, stellt sich als Spitze oder Leiste dieses Kieselkörpers heraus. Die Umhüllung mit der Membran macht es unmöglich, in Wasser oder Glycerin die Gestalt und Grösse dieses Kieselkörpers zu erkennen; selbst in kalter Kalilauge ist das nicht in befriedigender Weise möglich. Die Veraschung bietet ein gutes Mittel, um sich über die Gestalt der Kieselkörper zu orientieren; diese Methode ist aber unbequem, wenn es sich um die Untersuchung der Längs- und Querschnitte handelt. Deshalb war eine Methode erwünscht, bei welcher die Zerstörung der organischen Substanz vermieden wurde. Als für diesen Zweck sehr geeignet habe ich die von E. Küster empfohlene Phenolreaktion¹ erfunden. Sie ist ebenso bequem wie zweckmässig. Der Schnitt wird mit einigen Körnchen Phenol erwärmt. In der so entstehenden Flüssigkeit treten die Kieselkörper und verkieselten Wände scharf hervor, während die unverkieselten Membranen sehr

¹ E. Küster, Die anatomischen Charaktere der Chrysobalaneen, insbesondere ihre Kieselsablagerungen. Bot. Centralblatt 1897, LXIX, Nr. 2/3, p. 50.

durchsichtig und undeutlich werden. Nach solchen Phenolpräparaten ist der Quer- und Längsschnitt durch die Epidermis von Teboe Cheribon gezeichnet worden (Fig. 2, 3, Taf. IV). Aus diesen beiden Ansichten und dem Flächenschnitt in Phenol kann man ungefähr die Gestalt des Kieselkörpers konstruieren. Bessere Einsicht in seinen Aufbau erhält man jedoch, wenn man die Kieselkörper isoliert. Das gelingt sehr leicht durch Anwendung von Chromsäure, nur muss man sie konzentriert genug wählen. Ich wundere mich, dass Wiesner die Kieselkörper nicht gesehen hat, da es ihm sogar gelungen ist, mit der Chromsäure die einzelnen Zellen von einander zu trennen. Die Chromsäure wirkt schon in geringerer Konzentration ganz ähnlich wie Phenol; es treten die Kieselkörper scharf und deutlich hervor.

Die Kieselkörper haben der Hauptsache nach die Form der Zellen, in welchen sie liegen. Auf dem Längsschnitt (Fig. 3, Taf. IV) sind die Kieselzellen an der Oberfläche der Oberhaut in longitudinaler Richtung etwas mehr gestreckt als auf der Unterseite; sie überdecken mit dem oberen Ende seitlich ein klein wenig die benachbarten Zellen; auf dem Querschnitt hingegen ist die Breite der Zellen oben und unten annähernd gleich. Der oberflächlichen Vergrößerung der Zelle in longitudinaler Richtung entspricht eine umfangreichere Ausbildung des Kieselkörpers an dieser Stelle. Von der Fläche betrachtet erscheint er vasenförmig. Fig. 6 Taf. IV führt uns den Kieselkörper in senkrechter Projektion vor. Der Umriss der Figur giebt die vasenförmige Gestalt wieder; ihr ist die Basis des Fusses, auf welcher die Vase ruht, eingeschrieben. Die Ränder der Vase sind auf der Längsseite in der Mitte tief eingeschnitten. Also auch von dieser Seite gesehen, ahmt der Kieselkörper die Gestalt der Zelle nach, wenigstens bei Teboe Cheribon (Fig. 5, Taf. IV.) Die Vase geht allmählich in den Fuss über, der mit seiner Grundfläche auf der unteren Wand der Epidermiszelle ruht. In Fig. 7, Taf. IV ist der ganze Körper im isolierten Zustande in etwas schräger Lage abgebildet. Die Vase selbst ist schwach konkav, ihr Fuss bald mehr, bald weniger longitudinal gestreckt. Die vertikal stehenden Wände lassen zuweilen an den Rändern Leisten erkennen, so dass die ganze Wandfläche schwach vertieft erscheint, oder es treten in der Fläche einzelne punkt- oder strichförmige Erhabenheiten hervor. Die Basis der Kieselkörper hat im allgemeinen

einen rechteckigen Querschnitt von wechselnden Dimensionen und trägt in der Mitte in longitudinaler Richtung eine verschieden gestaltete Leiste, welche von der Fläche als Lumen der Zellen erscheint. Die kurzen Seiten des Rechtecks sind wieder etwas höher als der Raum seitlich von der longitudinalen Leiste; hieraus erklärt sich das Aussehen der Kieselkörper in unserem Längsschnitt.

Das ist im allgemeinen die typische Gestalt der Kieselkörper bei Teboe Cheribon, dem Rohr aus Guiana und wohl bei allen Varietäten und Arten von Saccharum, wo sie sich finden. Ihre Grösse kann natürlich sehr schwanken und geht beträchtlich herab, wenn der longitudinale Durchmesser der Zellen sich verkürzt, wie es an der Basis der Internodien und auf den Knoten der Fall ist. Dann kann wohl auch die Gestalt des Vasenfusses eine Änderung erleiden, indem er im Längsschnitt nicht mehr die Gestalt eines Rechtecks sondern eines etwa gleichschenkligen Dreiecks mit zur Vase hingekehrten Basis zeigt.

Auf das Vorkommen von Kieselkörpern in Kieselzellen habe ich noch einige andere Rohrarten und zwar mit positivem Ergebnis untersucht.

Teboe Gagak: Kieselzellen spärlich vertreten. Schwache Verkieselung der Epidermiszellwände.

Teboe Soerat Njamplog: Kieselzellen reichlich vorhanden. Starke Verkieselung der Epidermiswände und der Schliesszellen.

Teboe Loethers: Kieselzellen reichlich vorhanden. Membranen der Epidermiszellen stark verkieselt.

Teboe Branche blanche: Kieselzellen ziemlich reichlich vorhanden. Stark verkieselte Epidermiszellwände.

Teboe Glagah: Kieselzellen reichlich vorhanden. Epidermiszellwände stark verkieselt; auch die Spaltöffnungen stark verkieselt.

Teboe Glonggong: Kieselzellen spärlich vorhanden. Epidermiszellen nur schwach verkieselt. Spaltöffnungen auch verkieselt.

Teboe Djoendjoeng: Kieselzellen vorhanden; nicht näher untersucht.

Diese Kieselkörper enthaltenden Kieselzellen dürften unter den Gräsern aber eine viel weitere Verbreitung haben; so kommen sie z. B. bei Bambus und Zea Mays vor.

Dass die hier als Kieselkörper bezeichneten Massen in der That solche sind und nicht etwa aus anderen mineralischen Stoffen

bestehen, ergibt sich aus ihrem Verhalten gegen Reagentien. Beim Verbrennen bleiben sie unverändert, durch Flusssäure werden sie zerstört. Ebenso lösen sie sich durch Kochen mit Kalilauge. Da sie obendrein zwischen gekreuzten Nicols dunkel bleiben, bestehen sie also aus amorpher Kieselsäure. Um ganz sicher zu gehen, dass es sich hier um Kieselsäure handelt, habe ich mich mit diesen mikrochemischen Reaktionen nicht begnügt, sondern die Oberhaut auch noch makrochemisch untersucht. Bei Teboe Cheribon vermochte ich an eingetrocknetem Material leicht grosse Partien der Epidermis mit der daran hängenden subepidermalen Sklerenchym-schicht loszulösen, und es wurde so möglich, die Kieselsäuremenge in der Asche dieser Gewebe zu bestimmen. 0,057 gr lufttrockene Substanz lieferten 0,0032 gr oder 5,57 % Asche. Auf Trockensubstanz bezogen, müsste sich dieser Prozentsatz erhöhen. In der Asche wurde die Kieselsäure durch Flusssäure entfernt; es blieb ein Rückstand von 0,0003 gr. Demnach waren in der Asche 90,62 % Kieselsäure vorhanden gewesen. Die Natur des Aschenrestes konnte nicht festgestellt werden. Wie die qualitative Untersuchung lehrte, waren CaO , MgO und P_2O_5 nicht zugegen. Berücksichtigen wir, dass das untersuchte Gewebe nicht ausschliesslich Oberhaut war, diese aber durch den Gehalt an Kieselkörpern reicher an Kieselsäure sein muss als das subepidermale Gewebe, so ist die Wahrscheinlichkeit sehr gross, dass die Asche der Oberhaut fast ganz aus Kieselsäure besteht, und dass diese letztere einen wesentlichen Anteil an dem Aufbau der Epidermis nimmt. — Die erwähnte kleine chemische Untersuchung hatte Herr cand. chem. C. Thaddeeff, Assistent am hiesigen mineralogischen Institut, die Güte für mich auszuführen; ich spreche ihm dafür meinen besten Dank aus.

Die Kieselkörper sind allseitig eingehüllt, deshalb kann man ohne besondere Behandlungsweise nur kleine Teile von ihnen sehen. Behandelt man Flächenschnitte mit Chlorzinkjod, so färbt sich die ganze Epidermis gelbbraun, nur die Kieselzellen bleiben farblos und erscheinen wie weisse Flecke auf der gefärbten Fläche. Dieser Zustand ändert sich erst, wenn die Schnitte mit Kalilauge oder Flusssäure gekocht und so ihrer Kieselsäure beraubt werden. Man erkennt dann, dass die Zellwände verdickt sind, zwischen sich ein Lumen lassen und sich mit Chlorzinkjod blau färben, also aus Cellulose bestehen. An der Oberseite der Kieselzellen tritt jetzt auch

eine Braunfärbung auf, wenn die Behandlung mit Kalilauge vorsichtig ausgeführt worden war. Nach diesem Befund muss man annehmen, dass die Membranen so dicht mit Kieselsäure imprägniert sind, dass ein Eindringen von Chlorzinkjod in dieselbe unmöglich ist, oder dass hier eine organische Verbindung der Kieselsäure vorliegt, welche erst zersetzt werden muss, um die für Cellulose und cuticularisierte Membranen charakteristische Reaktionen zu geben. In jugendlichen Internodien ist diese Wandverdickung bereits zu einer Zeit vorhanden, wo die Kieselkörper noch fehlen, sie färbt sich ohne weiteres mit Chlorzinkjod blau. Bei dem Rohr aus Guiana gelingt es zuweilen auch, die Reaktion zu erhalten, wenn die Kieselkörper bereits ausgebildet sind; in diesen Fällen ist die Membran nicht vollständig verkieselt.

Auch ohne entsprechende Behandlung kann man an diesem Material häufig einen tieferen Einblick in den Aufbau der Zelle erhalten als bei Teboe Cheribon; Beleg dafür ist unser Flächenschnitt (Fig. 13, Taf. V). Auf Querschnitten durch ein junges Internodium von Teboe Cheribon (Fig. 12, Taf. V) scheint die Verdickungsmasse der Zellwand überall fest aufgelagert zu sein, während sie auf dem Flächenschnitt den Eindruck erweckt, als ob sie lediglich an den Einschnürungsstellen auf den Längsseiten befestigt wäre, sich von hier aus ausbreite und der Wand sich anschmiege. Noch deutlicher tritt ein solches Verhalten bei dem Rohr von Guiana hervor, wie wieder aus unserer Fig. 13 ersichtlich ist. Bald scheint die Umhüllungsmasse an einer Seite, bald an zweien an der Wand befestigt zu sein. Möglicherweise ist diese Deutung aber irrig und es handelt sich um eine Art Tüpfel. Ich muss diese Frage offen lassen, deren Beantwortung vielleicht in Zusammenhang mit der Entwicklungsgeschichte der Kieselkörper erfolgen wird.

Ich habe auch dem Punkt, wie die Kieselkörper entstehen, meine Aufmerksamkeit zugewandt, doch gestattete mir mein Material, trotzdem mir von Teboe Cheribon jugendliche Internodien zu Gebote standen, nicht, ihn befriedigend aufzuhellen. Die Kieselkörper müssen sehr schnell vollständig ausgebildet werden, denn ich habe auf demselben Schnitt von jungen Internodien Zellen mit und ohne Kieselkörper gefunden, aber keine entsprechende Zwischenstadien, also teilweise ausgebildete. Wie schon aus der erwähnten Fig. 12, Taf. V ersichtlich, ist die Wandverdickung das Primäre;

entsprechend dem Aussehen auf dem Querschnitt zeigt die von Kieselkörpern freie Zelle auch auf dem Flächenschnitt ein verhältnismässig grosses Lumen. In dem Lumen der meisten dieser Zellen erblickt man einen kleinen unregelmässig geformten Körper, den man für eine Kieselsäureausscheidung und den Anfang des Kieselkörpers zu halten geneigt ist. Da er aber bei der Behandlung der Schnitte mit Chromsäure verschwindet, beim Kochen mit Kalilauge erhalten bleibt, so kann er nicht gut als Anfang des Kieselkörpers gedeutet werden. Wenn es nun auch sehr wahrscheinlich ist, dass bei Saccharum die Kieselkörper in analoger Weise entstehen wie diejenigen in den Stegmata der Orchideen, Scitamineen, Pandanaceen, Palmen u. a. m.,¹ so bin ich doch nicht imstande, einen sicheren Beweis dafür zu erbringen. Wahrscheinlich ist auch, dass die Verdickungsschichten der Wand noch nach oder während der Ausbildung der Kieselkörper wachsen. Das Aussehen der mit Flusssäure behandelten Zellen deutet darauf hin, während die mit kochender Kalilauge behandelten Zellen in dieser Hinsicht weniger sichere Schlüsse gestatten. Jedenfalls greift die Membran in alle Vertiefungen der Kieselkörper ein.

Die Verteilung der Fibrovasalstränge im Stock ist, im Querschnitt gesehen, die typische der monokotylen Pflanzen. Nach dem Rande zu stehen sie dichter gedrängt und sind zahlreicher als weiter im Innern. Die dem Rande nächsten Bündel sind sehr klein. Im allgemeinen kann man wohl sagen, dass die Randpartie verhältnismässig mehr kleine Gefässbündel besitzt als die zentrale des Querschnitts, wenn es auch hier nicht an solchen fehlt. Bei den Strängen dieser Partie sind die Sklerenchymscheiden von viel geringerer Mächtigkeit als bei den nach dem Rande zu liegenden.²

Der Aufbau der Gefässbündel ist nicht immer der nämliche und typische, wie er aus den Knyschen Wandtafeln bekannt ist. Den typischen Aufbau zeigen die im Innern gelegenen Bündel in ausgeprägterem Masse als die der Randzone. Fig. 9, Taf. IV, führt uns ein typisches Monokotylenbündel aus dem Innern des Guianarohres vor, doch liegen bei Teboe Cheribon die Verhältnisse ebenso. Es sind primäre Gefässe vorhanden; im Anschluss an sie haben sich zwei grosse Intercellularräume gebildet. Nach dem Siebteil

¹ Vergl. Kohl, Anatomisch-physiologische Untersuchung der Kalksalze und Kieselsäure in der Pflanze, Marburg 1889, p. 266 ff.

² Vergl. auch Schwendener, Mech. Prinzip etc., p. 64.

zu, rechts und links von den primären Gefässen, stehen die beiden grossen Tüpfelgefässe. Der Siebteil ist normal und gross ausgebildet. Die Umscheidung ist an den Längsseiten unbedeutend, an den kurzen Seiten ansehnlich. Die Sklerenchymfasern schliessen lückenlos an einander. Wenn diese typischen Fibrovasalstränge in der Randpartie auftreten, erfährt die Sklerenchymscheide besonders auf der inneren Seite eine bedeutende Verstärkung.¹

Neben den typischen Gefässbündeln finden sich zahlreiche mit erheblichen Abweichungen im Aufbau. So treten Gefässbündel ohne primäre Gefässe, also nur mit Tüpfelgefässen auf; mit den primären Gefässen fehlt dann natürlich auch der Intercellularraum. Dieser kann übrigens auch in Bündeln fehlen, welche hinsichtlich der Gefässe typisch ausgebildet sind. Eine weitere Verschiedenheit im Aufbau ist ferner durch die Zahl der getüpfelten Gefässe bedingt, ob sie in Ein- oder Zweizahl vorhanden sind. Fig. 10, Taf. V ist die Abbildung eines Gefässbündels mit nur zwei Tüpfelgefässen aus der Randpartie des Guianarohres. Die Fig. 11 und 12, Taf. V führen uns Bündel vor, in denen nur ein einziges Gefäss vorhanden ist. Fig. 11 stellt ein Bündel aus der Randpartie des Guianarohres, Fig. 12 ein solches aus der Randpartie eines jungen Internodiums von *Teboe Cheribon* dar. Entsprechend der Reduktion des Xylemteiles ist auch der Phloemteil stark reduziert. Die Bündel sind ringsherum von einer Sklerenchymscheide eingeschlossen, die auf der inneren Seite eine bedeutende Entwicklung erfahren hat. Auch hier schliessen die Sklerenchymfasern lückenlos an einander.

Irgend eine Gesetzmässigkeit in der Verteilung der typisch ausgebildeten und der unvollkommenen Bündel ist nicht zu erkennen. Mitten zwischen den typisch ausgebildeten Gefässbündeln im zentralen Teil des Stengels finden sich immer einzelne Gefässbündel mit nur einem Gefäss; im allgemeinen kommen die unvollkommenen Bündel in der Randpartie in grösserer Zahl vor. Nach der allgemein herrschenden Ansicht über die Bedeutung der primären Gefässe überrascht die Thatsache sehr, Bündel ohne solche zu finden. Da während der Streckung des wachsenden Organs primäre Gefässe entstehen sollen, um der Längenausdehnung Folge leisten zu können, müsste man annehmen, dass sich diese unvollkommenen Gefässbündel

¹ Vergl. de Bary, l. c., p. 438.

erst nach vollendeter Streckung des betreffenden Gliedes differenziert haben. Diese Frage wäre natürlich nur aus der Entwicklungsgeschichte zu beantworten, über die mir keine Beobachtungen vorliegen: der fertige Zustand lässt keine weiteren Schlüsse zu. Solche unvollkommene Gefäßbündel sind, soweit ich sehe, bei den Gramineen nur an den Blättern von *Oryza sativa*¹ beobachtet worden. Bei anderen monokotylen Pflanzen, z. B. den Palmen, scheinen nach den Untersuchungen von Strasburger² derartige Gefäßbündel als Reduktionen der absteigenden Blattspuren im Stamm vorzukommen. Eine befriedigende Beantwortung der oben aufgeworfenen Frage scheint mir damit nicht gegeben zu sein.

Wie der Anschluss der unscheideten Gefäßbündel an das Grundgewebe statthat, ist aus den Figuren ersichtlich. Die hierbei entstehenden Intercellularräume von verschiedener Gestalt im Querschnitt sind häufig mit einer glänzenden stark lichtbrechenden Masse fest ausgefüllt. Bei Anwendung geeigneter Reagentien erweist sie sich als Kieselsäurekonkretionen. Sind viele Intercellularräume mit ihnen erfüllt, so erscheint ein unscheidetes Gefäßbündel von einem Kranz von Kieselkonkretionen umgeben zu sein. Solche Kieselausfüllungen sind aber nicht auf diese Stelle des Grundgewebes beschränkt, sondern kommen auch in den Intercellularräumen des interfascikularen Grundgewebes vor, so dass ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den Ausscheidungen und den Gefäßbündeln nicht angenommen werden muss. Die Art und den Ort des Auftretens dieser Ausfüllungen habe ich bei Teboe Cheribon näher verfolgt, habe mich aber davon überzeugt, dass sie auch bei den anderen mir zugänglichen Arten und Varietäten von *Saccharum* vorkommen, also bei Teboe Branche blanche, Loethers, Gagak, Soerat Njamplong, Djoendjoeng, Glonggong und Glagah.

Die Gestalt der Ausscheidungen wechselt, da sie der Abguss der sehr verschieden gestalteten Intercellularräume sind. Bald sind sie von glänzenden glatten Flächen begrenzt (Fig. 8, Taf. IV), bald scheinen sie eine trübe schaumige Struktur zu besitzen, indem sie mit kleinen Erhabenheiten oder Vertiefungen versehen sind. Zuweilen erblickt man auch nach dem Glühen in den Kieselsäure-

¹ Theo Holm, A study of some anatomical characters of North American Gramineae VI, Bot. Gazette Vol. XXI, p. 359.

² Histologische Beiträge III.

ausscheidungen Luftblasen eingeschlossen. Bei unvollständiger Verbrennung, wenn die Asche nicht rein weiss geworden, sind die Ausscheidungen teilweise schwärzlich, was auf Beimengung organischer Stoffe schliessen lassen würde. Für die Entstehung der Ausscheidungen dürfen wir wohl denselben Modus wie für die des Tabaschir annehmen; auch ihrer chemischen Natur nach dürften sie identisch sein. So würden die Kieselsäurekonkretionen im zentralen Hohlraum der Internodien bei *Bambusa* unter den Gräsern nicht vereinzelt dastehen, wenn es sich in unserem Fall auch nur um intercellulare Ausfüllungen von mikroskopischer Grösse handelt. Möglicherweise kommen solche gleichfalls bei *Bambusa* vor, wo ja die Membranen so stark verkieselt sind.

Nach Ernst Küster¹ soll das Verhalten der Kieselsäureausscheidungen gegenüber violetten Jodlösungen darüber Aufschluss geben, ob es sich um tabaschirartige Ausscheidungen oder um kompakte Kieselsäuremassen handelt. Im ersten Falle nehmen die Massen die typische Farbe der braunen Jodlösungen an. Als ich Jod in Chloroform gelöst auf die Ausfüllungen der Intercellularräume einwirken liess, trat die gelbbraune Färbung auf; es würde also diese Reaktion auf eine Übereinstimmung der Ausscheidungen beim Zuckerrohr mit dem Tabaschir hinweisen.

Da nach Küster verkieselte Membranen dasselbe Verhalten gegenüber den violetten Jodlösungen zeigen, lag es nahe, auch auf die Epidermis des Zuckerrohres die Jodlösung einwirken zu lassen. Die durch Glühen hergestellten Skelette färbten sich gelbbraun. Die Kieselkörper scheinen aber nicht in ihrer Totalität gefärbt zu werden; ihre mittleren Partien färbten sich nämlich, wenn man sie von der Fläche betrachtet, bedeutend weniger als die Randpartien. Weiter habe ich diese Verhältnisse nicht verfolgt. Doch will ich nicht unterlassen, auf folgende Beobachtung hinzuweisen. Um mir Kieselkelette in grösserer Menge herzustellen, glühte ich im Platintiegel auf dem Gebläse längere Zeit eine ansehnliche Masse Epidermis. Nachdem die Asche weiss geworden war, liess ich wieder die Jodlösung auf die so gewonnenen Skelette einwirken. Jetzt konnte gar keine Färbung mit der Jodlösung hervorgerufen werden.

Hinsichtlich der Ausbildung der Sklerenchymseide habe

¹ Über Kieselablagerungen im Pflanzenkörper, Ber. d. d. bot. Ges. 1897, Heft 2, p. 136.

ich Teboe Cheribon näher untersucht, weil mir von dieser Varietät eine grössere Zahl von Exemplaren zur Verfügung stand, und zwar anscheinend gesunde und serehkranke Exemplare. Diese letzteren sind im allgemeinen durch ihre geringeren Grössenverhältnisse, also durch mangelhaftes Wachstum ausgezeichnet, wodurch die Pflanzen einen vom normalen Habitus abweichenden Wuchs erlangen. Die Glieder bleiben kurz und haben einen kleinen Querdurchmesser; dadurch rücken die Blätter dicht aneinander und verleihen der Blattkrone ein fächerförmiges Aussehen. Entsprechend dem geringen Wachstum des Stengels bleiben auch die Blätter kürzer und schmaler als am normalen Rohre, sie sollen auch längere Zeit am Stock sitzen bleiben als normaler Weise, sodass der Stock dicht von Blättern eingehüllt erscheint. Durch dies Verhalten macht das Rohr gegenüber dem gesunden den Eindruck von verzweigten Pflanzen.¹

Bei der Untersuchung mehrerer Exemplare stellten sich nicht unerhebliche Verschiedenheiten in der Wandverdickung der Sklerenchymfasern heraus. Exemplare von gleicher Höhe und gleichem Alter zeigten in dieser Hinsicht im allgemeinen Uebereinstimmung, vollkommene natürlich nicht; kleine Differenzen finden sich stets, ja treten sogar zwischen den verschiedenen Gliedern eines und desselben Stockes auf, was auch nicht überraschen kann, da ihre Ausbildung durch die während derselben wirksamen äusseren Vegetationsfaktoren mitbedingt sein muss. Bedeutendere Unterschiede ergaben sich bei einem Vergleich gleichalter Pflanzen von ungleichem Wuchs. An kleinen Pflanzen wie den oben geschilderten serehkranken sind die Wände der Sklerenchymfasern viel weniger verdickt als an stattlichen gesunden Exemplaren. Mit der geringen Wandverdickung pflegt eine geringere Verholzung der Fasern Hand in Hand zu gehen. Eine Erklärung für die Verschiedenheit in der Ausbildung der Sklerenchymfasern ist den anatomischen Verhältnissen nicht zu entnehmen; hier kann nur das Experiment Aufschluss gewähren. Immerhin lässt sich vielleicht die Richtung andeuten, in welcher die Erklärung zu suchen ist.

Man könnte vermuten, dass bei den verzweigten Exemplaren das plastische Material zur normalen Ausbildung der Gewebe nicht ausreichte. Wenngleich eine solche Vermutung a priori nicht zu

¹ Eine Abbildung von serehkrankem Rohr findet sich in dem Tafelwerk von Soltwedel-Benecke, „*Saccharum officinarum* L.“, Berlin 1892.

widerlegen ist, so sprechen doch andererseits die bekannten Thatsachen nicht zu ihren Gunsten. Denn bei typisch verzweigten Pflanzen pflegt eher das Umgekehrte aufzutreten; die Sklerenchymfasern sind eher stärker verdickt und verholzt als bei den normalwüchsigen. Mit den verfügbaren Nährstoffen vermag die Pflanze sich derartig einzurichten, dass sie harmonisch in allen Teilen, wenn auch in verkleinertem Masstabe, ausgebildet wird. Man wird also die Ursache für das von der Regel abweichende Verhalten der kleinen Zuckerrohrpflanzen in anderen Umständen suchen müssen. Unter den die Ausbildung der Gewebe beeinflussenden Vegetationsfaktoren spielen Licht- und Feuchtigkeitsverhältnisse eine wichtige Rolle.

Nach Untersuchungen von L. Koch¹ über das Lagern des Getreides wird die Verdickung der Sklerenchymfasern im wachsenden Stengel der Gräser durch Beschattung beeinträchtigt. Das Nämliche muss auch für unser Zuckerrohr gelten. Durch den dichten Zusammenschluss der Blätter um den Stock werden die Glieder verhältnismässig beschattet werden. Hieraus liesse sich sehr wohl die geringere Wandverdickung in unseren Exemplaren erklären. In demselben Sinne kann aber auch die Feuchtigkeit wirken. In den Fällen, wo die Verzweigung auf relativen Wassermangel zurückzuführen ist, tritt hinsichtlich der Ausbildung der Sklerenchymfasern das dem hier beobachteten entgegengesetzte Verhalten auf.² Ob aber bei den kleinen Zuckerrohrpflanzen Wassermangel die Ursache für die Verzweigung ist, ist durchaus nicht erwiesen, ist sogar noch sehr zweifelhaft. Unmöglich ist es nicht, dass die Stockglieder wenigstens insofern nicht an Wasser Mangel leiden, als sie sich durch die dichte Umkleidung mit Blättern in einem verhältnismässig feuchten Raume befinden. Eine endgültige Entscheidung, welcher Faktor der wirksame ist, könnte nur durch den Versuch herbeigeführt werden.

Abweichungen machen sich zwischen den einzelnen Exemplaren

¹ Abnorme Änderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung. Berlin, bei Wiegandt und Hempel, p. 9.

² Vergl. Kohl, Die Transpiration der Pflanzen und ihre Einwirkung auf die Ausbildung pflanzlicher Gewebe. Braunschweig 1886.

Wieler, Über Anlage und Ausbildung von Librifasern in Abhängigkeit von äusseren Verhältnissen, Bot. Ztg. 1889.

Wieler, Über die Beziehung zwischen Wurzel- und Stammholz. Tharander forstliches Jahrbuch. 1891, 41. Bd.

auch hinsichtlich des Umfanges der Sklerenchymscheiden bemerkbar, wie das den veränderten Wachstumsverhältnissen entsprechend ist.

Die Sklerenchymscheiden der Gefässbündel übernehmen ganz wesentlich die Aufgabe der Festigung des Stockes, weshalb sie auch nach der Peripherie zu in grösserer Zahl und Mächtigkeit auftreten. In dieser Funktion finden sie bei der subepidermalen Sklerenchymzone eine Unterstützung. Sie bildet einen mehrschichtigen Hohlzylinder unmittelbar unter der Epidermis um das Internodium herum. Die Ausbildung des Gewebes ist nicht in allen Teilen eines Gliedes gleich, und es ist deshalb erforderlich, sie durch das ganze Glied hindurch zu verfolgen. Beginnen wir der Einfachheit halber an der Blattnarbe.

In Fig. 15, Taf. V ist bei schwacher Vergrösserung ein Längsschnitt durch den Knoten des Guianarohrs roh skizziert. Das Blatt rudiment bei a ist der ganzen Dicke nach verstopft, indem die Interzellularen des meistens aus parenchymatischen Elementen bestehenden Gewebes mit Wundgummi dicht erfüllt sind;¹ ebenso sind die durchgerissenen Gefässbündel verstopft. Zwischen den im allgemeinen isodiametrischen Zellen des Grundgewebes finden sich einzelne Zellen oder Gruppen von Zellen, welche stark und meistens einseitig verdickt sind. Die stärkere Wandverdickung pflegt nach unten oder nach der Stockseite hin gerichtet zu sein. Bei b liegt im Stock unter der Epidermis eine breite Zone sklerenchymatischer Zellen (6—7 Reihen), welche sehr stark, aber vorwiegend auch einseitig verdickt sind; die stärkere Wandverdickung befindet sich hier auf der inneren Seite. An diese Partie schliesst sich an der Biegungsstelle b im Blatt rudiment eine breite Zone gleichgestalteter Zellen von geringerer Längsstreckung an. Die stärkere Wandverdickung befindet sich entweder auf der dem Stengel zugekehrten Seite, oder ist nach unten gerichtet.

Die an der Biegungsstelle im Stock liegenden sklerenchymatischen Zellen sind nicht streng isodiametrisch, sondern in longitudinaler Richtung bedeutend stärker gestreckt. Von hier setzt sich

¹ Vergl. über diese Ausfüllungen der Interzellularräume durch Wundgummi Molisch, Zur Kenntnis der Thyllen, nebst Beobachtungen über Wundheilung in der Pflanze. Sitzber. d. Mathem. Naturw. Classe d. Wiener Akad. d. Wiss. 1888. 97. Bd., I. Abt. — Wieler, Die gummösen Verstopfungen etc., Beitr. zur wissenschaftl. Bot. II, p. 29 u. ff.

unsere Sklerenchymzone durch das Internodium bis in das nächst höhere Blatt fort und tritt in wechselnder Mächtigkeit auf. Von der erwähnten Gruppe aus nimmt anfänglich der Längsdurchmesser der Zellen zu; im Knoten, wo die Zone in das Blatt übergeht, vermindert sich der Längsdurchmesser wieder, die Zellen werden streng isodiametrisch. Dort sind 7—8 Zellreihen vorhanden; ihre Zahl vermindert sich allmählich, um schliesslich auf 4—5 Zelllagen herabzusinken. In Fig. 4, Taf. IV ist ein Stück eines Längsschnittes aus dem mittleren Teil des Internodiums abgebildet. Auf der nach innen gewandten Seite sind die Wände dieser Sklerenchymzellen sehr stark, auf der entgegengesetzten Seite schwach verdickt. Die Verdickungsschichten sind von zahlreichen verzweigten und unverzweigten einfachen Tüpfeln durchsetzt, welche in für Steinzellen charakteristischer Weise in benachbarten Zellen korrespondieren. Die Mittellamellen und Verdickungsschichten dieser lückenlos aneinander schliesenden Zellen sind stark verholzt. Ihr Querschnitt ist polygonal, wie aus Fig. 10, Taf. V ersichtlich ist. In dieser Zeichnung ist nur bei einigen die Wandverdickung und bei anderen die Tüpfelung angedeutet worden.

Im unteren Teile über den Wurzelanlagen setzt die Sklerenchymzone aus.

Der hier geschilderte Aufbau der subepidermalen Sklerenchymzone trifft im wesentlichen auch für *Teboe Cheribon* zu, doch sind erwähnenswerte Abweichungen vorhanden. Während die Zone beim Guianarohr 4—5 Zelllagen mächtig ist, besteht sie bei *Teboe Cheribon* aus 2—3. Unterhalb der Ansatzstelle des Blattes, also wenn wir dieselbe Figur wie für das Guianarohr (Fig. 15, Taf. V) zu Grunde legen, also unterhalb a eine kurze Strecke abwärts ist unsere Zone am mächtigsten, etwa 4—5 Zelllagen breit. Die Zellen sind von wechselnder Grösse, annähernd isodiametrisch, der eventuell längere Durchmesser steht senkrecht zur Längsaxe des Organs. Unterhalb dieser Region vermindert sich die Zahl der Zelllagen auf zwei. Der Längsdurchmesser ihrer Zellen läuft parallel mit dem ihres Gliedes und übertrifft den Querdurchmesser um das Mehrfache. Dieser Richtungswechsel der Längsaxe der Zellen vollzieht sich natürlich nicht plötzlich, sondern ganz allmählich. Demnach ist die subepidermale Zone bei normaler Gliedlänge in ihrem grösseren Teil zweischichtig, wie es in Fig. 14, Taf. V im fertigen, in Fig. 12,

Taf. V im jugendlichen unentwickelten Stadium angedeutet ist. Natürlich ist sie nicht an allen Stellen eines Internodiums gleich breit; es kommen immer Schwankungen vor, aber sie liegen doch innerhalb sehr enger Grenzen, so dass die Zone nicht breiter als drei Zelllagen breit wird. In dieser Mächtigkeit zieht sich die Zone durch das ganze Internodium abwärts, bei b sind die Zellen in dreischichtiger Lage vorhanden; die Wurzelanlagen werden natürlich auch hier freigelassen. Werden die Internodien sehr kurz, wie es ja vorkommen kann, so kann man beim Durchschneiden eine verhältnismässig mächtige subepidermale Zone antreffen, da der Teil mit ihrer schwächsten Entwicklung ausfällt, während der Teil oberhalb b und unterhalb a in demselben Gliede zusammenrücken.

Die Wandverdickung dieser Sklerenchymzellen ist bei *Teboe Cheribon* bedeutend geringer als bei dem *Guianarohr*. Übrigens treten innerhalb gewisser Grenzen Unterschiede in der Wandverdickung an einem und demselben Exemplar auf. Ebenso kehren solche Unterschiede bei einem Vergleich verschiedener Exemplare wieder. Auf diesen Punkt hin habe ich gesundes und serehrkrankes *Teboe Cheribon* untersucht. Bei den kranken, den kleineren Exemplaren, waren die Zellen weniger verdickt als bei gesunden.

Das ungleiche Verhalten der subepidermalen Sklerenchymzone beim *Guianarohr* und beim *Teboe Cheribon* legt den Gedanken nahe, ob unter den übrigen Varietäten von *Saccharum officinarum* und den anderen Arten von *Saccharum* nicht ähnliche Abweichungen vorkommen, welche für systematische Zwecke verwendbar wären. Nach den Angaben von Schwendener muss man annehmen, dass bei *Saccharum striatum* die Sklerenchymzone ganz fehlt. Für *Saccharum spontaneum* (*Teboe Glagah*) und für die unbekannte Art von *Saccharum* (*Teboe Glonggong*) habe ich mich überzeugt, dass die Sklerenchymzone vorhanden ist, und dass ihr Aufbau vollkommen dem oben für *Teboe Cheribon* und das *Guianarohr* angegebenen entspricht. Weiter aber habe ich diese Verhältnisse nicht verfolgt, auch nicht für die übrigen mir zugänglichen Varietäten von *Saccharum officinarum*.

An die subepidermale Sklerenchymzone schliesst sich bei dem *Guianarohr* bedeutend weniger verdicktes und verholztes Grundgewebe. Diese Grundgewebszone ist in radialer Richtung von an verschiedenen Stellen ungleicher Mächtigkeit. Die bedeutendste

Ausdehnung erfährt sie im unteren Teile des Internodiums. Zwischen b und c in unserer Fig. 15, Taf. V ist eine unter dem Mikroskop deutlich wahrnehmbare Ausbuchtung vorhanden. Das Gewebe hier besteht aus mit ihrem Längsdurchmesser senkrecht zur Längsaxe des Organs gestellten Parenchymzellen., und zwar nimmt die Längsstreckung von innen nach aussen ab. Von c an aufwärts geht die Längsstreckung der Zellen allmählich aus der radialen in die longitudinale Richtung über. Sie sind in Fig. 10, Taf. V als verhältnismässig dünnwandige Zellen mit Intercellularräumen auf dem Querschnitt sichtbar. Wahrscheinlich führen sie Chlorophyllkörner, doch kann ich das nicht mit Sicherheit behaupten, da mir nur Alkoholmaterial vorlag. Sollte meine Annahme zutreffen, so dürften wir diese Zone als Assimilationsgewebe bezeichnen.

An dies Assimilationsgewebe schliessen sich Zellen mit stärker verdickten und verholzten Wänden an. Ihr mit der Längsaxe des Organs zusammenfallender Längsdurchmesser übertrifft den Querdurchmesser um das drei- bis fünffache. Auf dem Querschnitt sind die Durchmesser annähernd gleich. Die Zellen lassen zwischen sich Intercellularen und haben einfache korrespondierende Tüpfel, welche in den Zellen unserer Fig. 10, Taf. V weggelassen worden sind. So ist die Beschaffenheit des Grundgewebes zwischen den randständigen Bündeln. Das Gewebe zwischen den zentralen Bündeln ist weniger dickwandig, mehr oder weniger verholzt und mit ziemlich zahlreichen einfachen Tüpfeln ausgestattet. Eine Abbildung dieser Zellen findet sich bei Wiesner auf S. 257 in Fig. 141. Wie ein Vergleich unserer Figuren 10, Taf. V und 9 Taf. IV erkennen lässt, sind diese Zellen auf dem Querschnitt viel grösser als die entsprechenden in der Randpartie; dafür ist ihr Längsdurchmesser entsprechend kleiner, er beträgt etwa das $1\frac{1}{2}$ fache des Querdurchmessers.

In der Ausbildung des interfascikularen Grundgewebes machen sich wesentliche Unterschiede zwischen Teboe Cheribon und dem Guianarohr nicht bemerkbar. Unterschiede treten aber hervor bei Teboe Cheribon — das Guianarohr wurde daraufhin nicht untersucht — in verschiedenen Gliedern desselben Exemplares und an verschiedenen Exemplaren.

Die endgültige Ausbildung geschieht im Internodium von allen Geweben am spätesten. Die Gefässbündel scheinen zuerst vollendet

zu sein, dann folgt die subepidermale Sklerenchymzone und den Beschluss bildet das interfascikulare Grundgewebe. Normalerweise verdicken sich seine Zellen und verholzen. Abweichungen kommen nur insofern vor, als Zellzüge vorhanden sein können, die teils aus dünnwandigen, teils aus weniger verholzten Elementen bestehen, und zwar kann die Ausbildung in verschiedenen Gliedern derselben Pflanze ungleich sein. Ähnliche Abweichungen bemerkt man, wenn man gesundes Rohr mit serehrkrankem vergleicht. Bei letzterem, so lässt sich im allgemeinen behaupten, beharrt das Grundgewebe auf dem Stadium unvollkommener Entwicklung, also in Bezug auf Verdickung und Verholzung auf dem Zustande normaler jugendlicher Internodien. Besonders deutlich ist dies an Exemplaren mit kleinen Gliedern zu beobachten. Aber selbst an Exemplaren mit Gliedern von immerhin beträchtlicher Grösse ist die Ausbildung eine ebenso unvollkommene. Denen stehen wieder Exemplare mit kurzen und dünnen Gliedern gegenüber, deren Grundgewebe normal ist oder sich dem normalen Zustande nähert. Allgemeine Schlüsse lassen sich aus diesen Beobachtungen nicht ziehen; zum grossen Teil werden diese Erscheinungen wohl auf Einwirkung der Vegetationsfaktoren zurückzuführen sein. Zu solchem Schluss wurden wir ja auch hinsichtlich der Ausbildung der Sklerenchymfasern gedrängt und müssen wir in Bezug auf die ungleiche Ausbildung der Sklerenchymzellen der subepidermalen Zone bei gesundem und krankem *Tecoe Cheribon* auch kommen. Aber alle hier geäusserten Vermutungen können nur durch zweckentsprechend angestellte Versuche eine befriedigende Beantwortung erfahren.

Da mir nur Alkoholmaterial zur Verfügung stand, konnte ich unter den Inhaltsstoffen nur auf das Vorkommen und die Verbreitung von Stärke prüfen. Von den Kohlehydraten kann der Hauptsache nach bloss Zucker als Reservestoff auftreten — seiner wegen wird das Zuckerrohr ja angebaut — so ist es nicht sehr wahrscheinlich, dass grosse Mengen Stärke vorhanden sind, ja man kann sogar mit der Möglichkeit rechnen, dass sie überhaupt fehlt. Meine Untersuchungen an dem Guianarohr und dem *Tecoe Cheribon* haben mir gezeigt, dass die Stärke freilich nicht fehlt, dass sie aber nur in geringer Menge vorhanden und ihr Auftreten lokal beschränkt ist. Den Vegetationspunkt mit den allerjüngsten Gliedern habe ich nicht untersucht; über ihre Stärkeverhältnisse

kann ich also keine Angaben machen. Soweit die Stärke in den ausgewachsenen Gliedern auftritt, findet sie sich nur im unteren Teil des Internodiums und ist hier auf die Gefäßbündelscheiden beschränkt. In jüngeren noch nicht fertig ausgebildeten Gliedern ist ihre Verbreitung eine weitere. Sie tritt da in der ganzen Länge der Stärkescheide in den Internodien auf: sie kann sogar in den Gefäßbündelscheiden des Knotens vorkommen, ja bei noch jüngeren Gliedern findet sie sich selbst im Grundgewebe des Internodiums, doch ist sie hier nur als transitorische Stärke anzusehen.

Die Stärke pflegt nicht in allen ausgewachsenen Internodien mit der angegebenen Beschränkung aufzutreten, sondern die ältesten Glieder sind meistens ganz frei von ihr; auch in jüngeren Gliedern kann sie zuweilen fehlen. Wenn sie, was auch vorkommen kann, in ganz jungen Teilen fehlt, könnte man vermuten, dass diese Erscheinung mit der Tageszeit zusammenhängt, zu welcher das Rohr geschnitten wurde. Einige Beispiele werden besser als viele Worte über das Auftreten der Stärke orientieren. Ein aus 39 Gliedern bestehender Stock von Teboe Cheribon zeigte, von unten gerechnet, Stärke erst im 9. Internodium, doch nur in sehr geringer Menge. In noch geringerer Menge wurde sie jedoch im 39. Internodium angetroffen. Von einem anderen Exemplar derselben Varietät wurden die vorhandenen 46 Glieder untersucht. Sie wurde zuerst im 21. Gliede beobachtet und fehlte wieder im 45. und 46.

Dass die Stärke in den ausgewachsenen Gliedern, soweit sie vorhanden ist, lokal beschränktes Auftreten zeigt, ist natürlich nicht zufällig und muss mit bestimmten Vorgängen in den Internodien zusammenhängen. Das Auftreten der Stärke in dem unteren Teil der Stärkescheiden des Internodiums, also in demjenigen Teil, wo das Glied am längsten wachstumsfähig bleibt und wo Neubildungen stattfinden, würde von vorne herein die Meinung widerlegen, es handle sich bei den Stärkescheiden um Leitungsbahnen für die Kohlehydrate, wenn die Sachs'sche Ansicht nicht schon durch die Untersuchungen von H. Heine¹ als irrig erwiesen worden wäre. Vielmehr sollen nach ihm die Stärkescheiden Reservestoffbehälter vorstellen; in ihnen soll das zur Verdickung der Sklerenchymfasern erforderliche Material abgelagert werden. Diese Auffassung würde

¹ Über die physiologische Funktion der Stärkescheide. — Ber. d. d. bot. Ges. III, 1885, p. 189 ff.

befriedigend erklären, warum in jungen, noch im Wachstum begriffenen Gliedern Stärke in der Stärkescheide des ganzen Internodiums und des Knotens auftritt, während sie in älteren lediglich auf den unteren Teil des Internodiums beschränkt bleibt. Dann müsste den Fibrovasalsträngen an dieser Stelle sehr lange die Fähigkeit bleiben, ihre Sklerenchymfasern zu verdicken. So fand sich noch im ersten Internodium des 14 Monate alten Rohres aus Guiana Stärke, trotzdem nur einige wenige noch ältere Glieder fehlten. Sind so alte Internodien in der That noch imstande, ihre Sklerenchymfasern zu verdicken? Die Antwort darauf kann man nur von Untersuchungen an lebendem Material erwarten. Diese Beobachtungen erinnern an das Verhalten unserer Getreidearten; bei ihnen bleibt das Knotengewebe noch lange Zeit veränderungsfähig, damit die Halme sich unter den geeigneten Umständen geotropisch aufwärts krümmen können. Wenn eine derartige Krümmungsfähigkeit in den Knoten des Zuckerrohres auch nicht vorkommt, so ist doch die Stelle im Internodium oberhalb des Knotens die Region, in welcher Neubildungen stattfinden, indem hier Wurzeln aus den präformierten Anlagen entstehen können. Möglich, dass mit Rücksicht auf solche Neubildungen die endgültige Ausbildung der Sklerenchymfasern weit hinausgeschoben wird.

Auch an eine andere Möglichkeit zur Erklärung des Stärkevorrates in den Stärkescheiden könnte man denken, man könnte ihn als Baumaterial für die jungen Wurzeln betrachten, etwa um die Verbindung zwischen den jungen Wurzeln und den Gefäßbündeln des Internodiums herstellen zu helfen. Wäre diese Annahme zutreffend, so müsste die Stärke in den Gliedern angetroffen werden, welche keine Wurzeln gebildet haben, während sie in denjenigen, welche Wurzeln gebildet haben, fehlen oder stark vermindert sein müsste. Aber auch zu Gunsten dieser Annahme sprechen unsere Beobachtungen nicht, da die Stärke vielfach auch in den wurzelfreien Gliedern fehlte. Bis auf weiteres bleibt also nur übrig anzunehmen, dass die Stärke zur Wandverdickung der Sklerenchymfasern dient, und dass bei *Saccharum* das Dickenwachstum der Zellwand bis in ein hohes Alter erhalten bleibt.

Da das Zuckerrohr erst allmählich unter der Kultur der Menschen den wenigstens gewisse Varietäten auszeichnenden hohen Zuckergehalt erlangt hat, so dürften wir uns nicht wundern, wenn

wir Saccharum-Arten oder Varietäten von *S. officinarum* fänden, die, arm an Zucker, Stärkemehl als Reservestoff führen. Ohne diesem Punkte meine besondere Aufmerksamkeit geschenkt zu haben, konnte ich doch feststellen, dass bei *Teboe Glonggong*, was übrigens wohl bekannt sein dürfte, Stärke als Reservestoff auftritt. Die Zellen des Grundgewebes sind dicht mit Stärke erfüllt, sodass sie unzweifelhaft als Ersatz für Rohrzucker gebildet wird. Übrigens hat Wiesner bereits Spuren von Stärke im Grundgewebe des von ihm untersuchten Zuckerrohres gefunden (p. 256).

Aachen, Technische Hochschule, im April 1897.

Figurenerklärung.

Tafel IV.

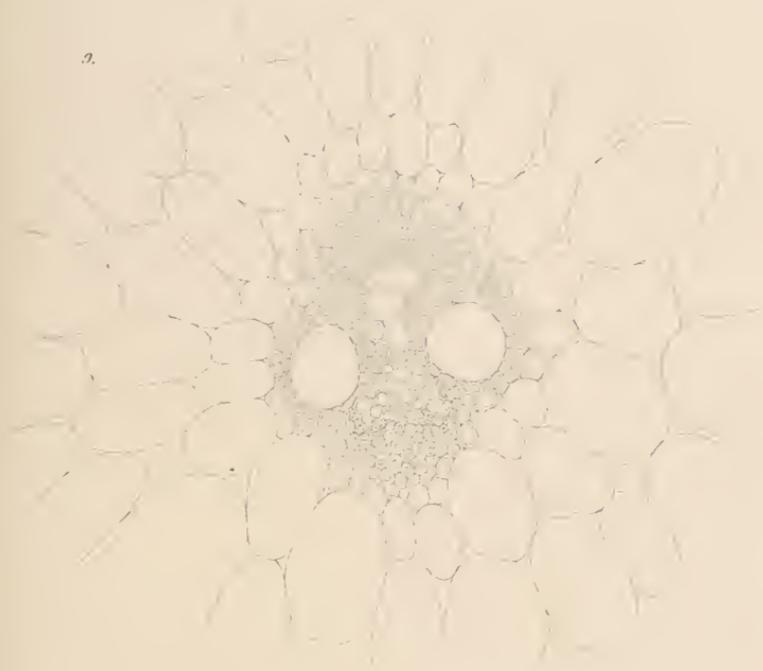
- Fig. 1. *Teboe Cheribon*. Epidermis von der Fläche. 84fach vergrößert.
 „ 2. *Teboe Cheribon*. Epidermis im Querschnitt. 84fach vergrößert.
 „ 3. *Teboe Cheribon*. Epidermis im Längsschnitt. 84fach vergrößert.
 Fig. 2 und 3 Phenolpräparate.
 „ 4. Rohr aus *Guiana*. Längsschnitt durch ein Internodium. Epidermis und subepidermale Sklerenchymzone. 338fach vergrößert.
 „ 5. *Teboe Cheribon*. Kieselzelle von der Fläche in Wasser.
 „ 6. Kieselkörper von oben gesehen. 550fach vergrößert.
 „ 7. Kieselkörper in schräger Stellung. Stark vergrößert.
 „ 8. Stück der Kieselausfüllung eines Intercellularraumes. 180fach vergr.
 „ 9. Rohr aus *Guiana*. Querschnitt aus dem zentralen Teil des untersten Internodiums. Typisches Gefässbündel. Vergrößert ca. 100fach.

Tafel V.

- Fig. 10. Rohr aus *Guiana*. Unterstes Internodium. Querschnitt durch eine Randpartie. Gefässbündel ohne primäre Gefässe und Intercellulargang, mit zwei sekundären Gefässen. In der subepidermalen Sklerenchymzone ist die Wandverdickung nur angedeutet, in einigen Zellen ist sie ausgezeichnet, in anderen ist die Tüpfelung angedeutet. 305fach vergr.
 „ 11. Rohr aus *Guiana*. Querschnitt durch ein Gefässbündel aus der Randpartie des mittleren Teiles des Internodiums. Gefässbündel ohne primäre Gefässe und Intercellulargang mit einem einzigen sekundären Gefäss. 219fach vergrößert.
 „ 12. *Teboe Cheribon*. Querschnitt durch ein junges Internodium. 337fach vergrößert.
 „ 13. Rohr aus *Guiana*. Epidermis eines Internodiums von der Fläche. 337fach vergrößert.
 „ 14. *Teboe Cheribon*. Querschnitt durch ein altes Internodium. Subepidermale Sklerenchymzone, Assimilationsgewebe und Sklerenchymfasern. 337fach vergrößert.
 „ 15. Rohr aus *Guiana*. Längsschnitt durch den untersten Knoten. ca. 4fach vergrößert.

Mit Ausnahme der Figuren 5 und 7 sind die Figuren alle mit Hilfe des Zeichenapparates entworfen.

2.



1.



3.



8.



6.



2.



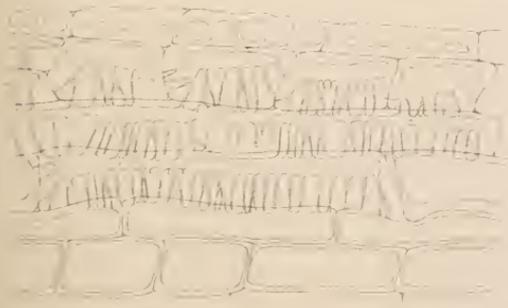
7.

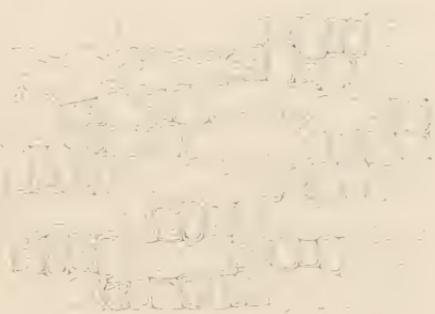
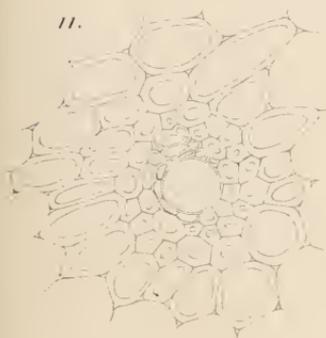
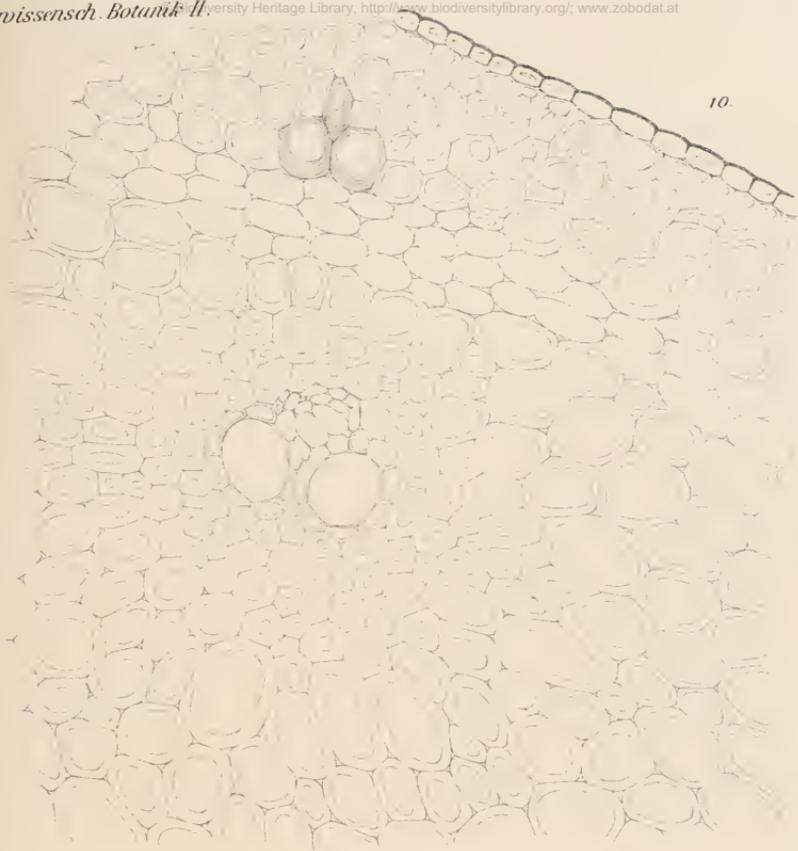


5.

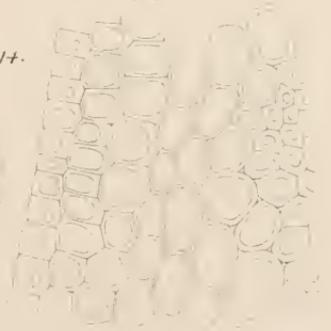
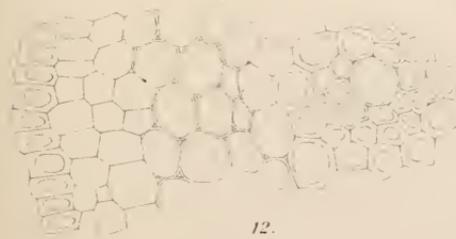


4.





15.



ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Beiträge zur Wissenschaftlichen Botanik](#)

Jahr/Year: 1897

Band/Volume: [2](#)

Autor(en)/Author(s): Wieler Arwed

Artikel/Article: [Beiträge zur Anatomie des Stockes von Saccharum 143-164](#)