

DAS TRANSFUSIONSGEWEBE IN DEN BLÄTTERN DER CYCADINAE, GINKGOINAE UND CONIFERAEE.

von

T. VAN ABBEMA

Inhaltsverzeichnis.

Kapitel I. Einleitung.....	310
§ 1. Literatur.	
1. Die ältesten Beobachtungen und die Nomenklatur .....	310
2. Die Fragepunkte über das Transfusionsgewebe.....	313
3. Der Charakter der Tüpfel .....	313
4. Die Funktion .....	316
5. Der Inhalt .....	319
6. Die Abstammung .....	320
§ 2. Zweck, Methode und Material.....	324
Kapitel II. Das Transfusionsgewebe bei der Ordnung der Cycadinae .....	325
§ 1. Cycas revoluta .....	325
§ 2. Encephalartos horridus .....	337
§ 3. Ceratozamia mexicana .....	342
Kapitel III. Das Transfusionsgewebe bei der Ordnung der Ginkgoinae .....	346
§ 1. Ginkgo biloba .....	346
Kapitel IV. Bei der Ordnung der Coniferae .....	350
§ 1. Saxeothaea conspicua .....	350
§ 2. Juniperus drupacea .....	355
§ 3. Sequoia sempervirens adpressa.....	361
§ 4. Pinus Pinea .....	366
§ 5. Araucaria imbricata .....	371

Kapitel V. Zusammenfassung und einige kritische  
Betrachtungen über die Literatur.

§ 1. Zusammenfassung der anatomischen Eigen- schaften des Transfusionsgewebes .....	376
1. Die stärkere oder geringere laterale Ent- wickelung .....	376
2. Die Lage der Primanen des zentralen Transfusionsgewebes und die des Xylems	378
3. Die Differenzierung der Primanen des Transfusionsgewebes .....	378
4. Die Form und die Abmessungen der Transfusionszellen .....	379
5. Die Wanddicke .....	379
6. Die Verholzung .....	379
7. Die Tüpfelung .....	380
8. Die Spiral- und Netzfaserverdickungen ...	381
9. Der Inhalt der Transfusionszellen .....	381
§ 2. Kritische Betrachtungen über die Literatur betreffs der Funktion und der Abstammung	381
1. Funktion .....	381
2. Abstammung .....	383
Literaturverzeichnis .....	388

KAPITEL I.

EINLEITUNG.

§ 1. Literatur. 1. Die ältesten Beobachtungen und die Nomenklatur. Es ist ungefähr ein Jahrhundert her, dasz von einem eigentümlichen Gewebe in den Blättern der *Gymnospermen* die Rede ist. Im Jahre 1847 erwähnte Karsten (17, S. 232, Tafel VII, Fig. 4) in seiner Arbeit über die Palmen, dasz *Podocarpus* rings um das Gefäßzündel „punktiert-verdickte Zellen“ besitzt.

Frank (11, S. 167, ff.) war aber der erste, der dieses

Gewebe in seiner Studie über die Blätter von *Taxus baccata* ziemlich eingehend beschrieben hat. Dieses Gewebe findet man am meisten an den beiden lateralen Seiten des Bündels. Es bildet nämlich einen Übergang von den prosenchymatischen Zellen des Holzes zu den parenchymatischen Zellen des Mesenchyms. In der Nähe des Xylems sind diese Zellen ziemlich lang und schmal, aber je näher nach der Peripherie hin, desto kürzer und breiter werden sie.

In der Nähe der Tracheiden stehen ihre Querwände noch schräg auf den longitudinalen Wänden, wie bei den Tracheiden des Xylems. Bald aber, d.h. je weiter sie von den Tracheiden entfernt sind, desto senkrechter stehen die Querwände auf den longitudinalen Wänden.

Die Wände sind dünner als die der Tracheiden. Sie sind aber auch verholzt, und die mehr lateralen Zellen sind mit Spiral- oder Netzfaser-verdickungen versehen. In den längeren und schmaleren Zellen sind diese nicht zu finden. Oft findet man in den Wänden „gehöfte Tüpfel“. Gleichfalls gehen die Zellen des Phloëms in mehr oder weniger parenchymatische Zellen über.

Die Breite des Gefäsbündels nimmt nach der Spitze hin allmählich ab. Diese Abnahme wird begleitet von einer Zunahme dieser kürzeren und zylindrischer mehr oder weniger parenchymatischen Zellen. Demnach nehmen diese Zellen einen groszen Teil des Blattes ein. Also nimmt in der Nähe der Spitze die Zahl der Tracheiden ab. Die beiden lateralen Flügel der mehr oder weniger parenchymatischen Zellen nähern sich. Schliesslich bleiben diese lateralen Flügel übrig und sind die Tracheiden verschwunden.

Hugo von Mohl (23, Sp. 10, ff.) übernimmt diese „durchaus naturgetreue“ Beschreibung von Frank. Er meint, sie sei auch für *Podocarpus*, *Torreya*, u.a. geeignet.

Dieser Verfasser (Sp. 11) nun beschreibt weiter bei *Cycas* und *Podocarpus* (z.B. *nervifolia* und *macrophylla*) „eine mittlere Schicht von verlängerten, an ihren gegenseitigen

Berührungstellen mit ausgebildeten Tüpfeln versehenen unter rechtem Winkel vom Mittelnerven zum Blattrande verlaufenden chlorophyllfreien Zellen, welche offenbar die Bestimmung hat, die Verbreitung des Saftes von dem Blattnerven aus durch die verhältnismäsig grosze, der Gefäszbündel durchaus entbehrende, Blattfläche zu vermitteln."

Dieses letzte Gewebe befindet sich also an anderer Stelle, nämlich zwischen den parenchymatischen Zellen des Mesenchyms. Von Mohl unterscheidet die beiden Gewebe, von welchen das eine, z.B. bei Cycas, seiner Beschreibung nach, innerhalb, das andere ausserhalb der Endodermis zu finden ist, nicht. Er nennt sie beide ihrem Dienste nach „Transfusionsgewebe“. Von diesem Dienste spricht er folgendermassen (Sp. 12): „Diese Anordnung (nämlich die Lage zwischen dem Gefäszbündel und dem Parenchym) lässt wohl mit Sicherheit den Schluss ziehen, dasz dieses Gewebe vorzugsweise den Weg bildet, auf welchem der Uebertritt des Saftes aus dem Gefäszbündel zum Parenchym des Blattes und von diesem wieder rückwärts vor sich geht.“

Die meisten späteren Verfasser identifizieren beide Gewebe nicht. Worsdell (51, S. 309) hat das Gewebe ausserhalb der Endodermis „das accessorische Transfusionsgewebe“ genannt.

Auch in vorliegender Arbeit werden die beiden der Lage nach verschiedenen, sonst aber sehr verwandten Gewebe-komplexe, gesondert beschrieben; das Transfusionsgewebe innerhalb der Endodermis wird dabei als „zentral“ unterschieden werden. Sprachlich wäre „essentiell“ der Gegensatz von „accessorisch“, die Bezeichnung „zentral“ wurde aber vorgezogen, weil bezüglich *morphologischer Beschaffenheit, Funktion und Abstammung* beide prinzipiell ganz und gar übereinstimmen, was sich im Verlauf dieser Abhandlung ergeben wird.

Durch das Vorhergehende ist das Transfusionsgewebe wie folgt gekennzeichnet: Man findet es an der lateralen Seite

des Gefäsbündels; je weiter von dem Gefäsbündel entfernt, desto kürzer und breiter werden die Zellen; die Wände sind verholzt, es sind auch Hoftüpfel da; oft sind die Wände mit Spiral- oder Netzfaserverdickungen versehen.

2. Die Fragepunkte über das Transfusionsgewebe. In den beiden Publikationen von Frank und v. Mohl findet man schon vieles, was durch spätere Verfasser bestätigt wird. Nur hinsichtlich einiger Punkte ist man verschiedener Meinung.

Von einigen Verfassern wird bestritten, dasz sich in den Wänden Hoftüpfel befinden. Es gibt auch viele Autoren, welche nicht mit von Mohl darin übereinstimmen, dasz das Transfusionsgewebe ein Geleitgewebe ist. Sie behaupten, es sei ein Wasserreservoir.

Weiter bestehen Meinungsverschiedenheiten bezüglich des Inhaltes.

Schlieszlich gibt es keine Übereinstimmung betreffs der Abstammung des Transfusionsgewebes. Manche meinen ebenso wie von Mohl (23, Sp. 19), es sei eine Modifikation des Parenchyms. Andere behaupten, es sei modifiziertes Xylem. Wieder andere nehmen an, es sei eine Transformation der Pericykelzellen, also auch Parenchym. Zum Schlusz gibt es noch einen Autor, der sagt, das Transfusionsgewebe sei eine reduzierte seitliche Nervatur.

Deshalb wird auf das, was hinsichtlich dieser vier Streitpunkte in der Literatur gesagt worden ist, im Folgenden näher eingegangen werden.

3. Der Charakter der Tüpfel. a. beim zentralen Transfusionsgewebe. Von den Autoren, welche meinen, dasz das Transfusionsgewebe keine typischen Hoftüpfel besitzt, ist A. Zimmermann (54, S. 7 ff.) wohl am ausführlichsten. Nach ihm sind sie den Hoftüpfeln wohl ähnlich; solche Tüpfel sind es aber nicht. Er will dies zeigen, weil das Transfusionsgewebe „nach den vorliegenden Beschreibungen eine Ausnahme zu bilden schien von der bis jetzt noch durch keine

genau geprüfte Tatsache widerlegten Regel, dasz sich gehöfte Poren nur an Durchlüftungsorganen finden" (S. 2). Der Autor meldet, dasz man bei *Biota*- und *Juniperus*arten zapfenähnliche Gebilde an dem Pektin-annulus findet. Diese sind auch von De Bary (1 S. 171), Lazarski (19, S. 88) und Scheit (32, S. 621) beschrieben. Diese Erscheinung ist nicht bei normal gehöften Poren zu finden. Auch ist die Gestalt der Tüpfel nicht oval oder kreisförmig, wie es sonst bei gehöften Poren der Fall ist, sondern fast viereckig.

Zimmermann (54, S. 7 und 8) beschreibt auch die Entwicklung der Tüpfel. Die Beschreibung ist aber nicht klar. In ihr ist ungefähr folgendes ausgeführt: In jugendlichen Stadien findet man nur schwache, ringförmige Verdickungen, die einen Porus einschlieszen. Zwischen zwei solchen, einander gegenüberliegenden Verdickungen bildet sich dann eine Spalte, weil sich an den beiden Seiten ein Teil der Membran des mittelsten Teiles löst. Diese Spalte wird also durch den mittelsten Teil in zweie geteilt. So bilden sich zwei Räume, von denen jeder ungefähr die Gestalt eines Hofes annimmt; nach Zimmermann sind sie es aber nicht. Weshalb es kein Hof ist, gibt er nicht an. Zimmermann vergleicht, indem er Sachs folgt (28, S. 437), die Tüpfel mit den Einfaltungen im grünen Parenchym. Aber nach seiner Beschreibung und nach seinen Bildern sind es keine Einfaltungen. Diese Publikation ist m.E. unklar und verworren.

Bertrand (4, S. 78, 80, 81, 89, 105, 112, 119, 123, 126, 129 und 132) hält mit seiner Meinung über die Tüpfel die Mitte zwischen von Mohl und Zimmermann. Wie von Mohl behauptet er, die Transfusionszellen besitzen bei den Coniferenarten typische Hoftüpfel. Bei den *Cupressinae* findet er doch „ponctuations simples, très profondes, grandes et nombreuses de sorte que la cellule paraît comme réticulée; les bords du réseau sont aréolés“ (S. 136). Diese Form nennt der Autor intermediär zwischen „le tissu réticulé et le tissu aréolé“ (S. 140).

In seiner Publikation (32, S. 615—634) nimmt Scheit eine entgegengesetzte Stellung zu Zimmermann ein, indem er die Anwesenheit von echten Hoftüpfeln aufrecht hält (32, S. 629 und 630). Die zapfenähnlichen Gebilde an dem Pektin-annulus sollen sekundär entstanden sein. Sie haben weder mit dem Hofe noch mit dem Tüpfelraume etwas zu tun. Auch die Netzfaserverdickungen sind sekundäre Erzeugnisse.

Auch Lazarski (19, S. 87) glaubt, dasz die Tüpfel wohl einen Hof besitzen. Er berichtet dies, aber ohne lang dabei zu verweilen.

Alle späteren Autoren halten dafür, soweit bekannt ist, dasz die Tüpfel einen Hof besitzen; z.B. Mahlert (22, S. 152), Van Tieghem (45, S. 126), Richard von Wettstein (49, S. 318), Strasburger (38, S. 102), Worsdell (51, S. 306) und Bernard (2, S. 257). Bernard beobachtete oft einen Porus (2, Fig. 59 und 88).

Also scheint man betreffs der Tüpfel des zentralen Transfusionsgewebes Klarheit bekommen zu haben.

b. beim accessorischen Transfusionsgewebe. Bezuglich dieses Gewebes ist die Übereinstimmung der Autoren gar nicht so grosz. Thomas (40, S. 37) und Kraus (18, S. 334) sprechen blosz von Tüpfeln. Nach Bertrand (4, S. 62) sind es einfache Tüpfel. Griffin (13, S. 49) sagt von den Tüpfeln, sie „do not show any signs of bordered thickening“. Lignier (20, S. 67 und 68), der die Tüpfel des accessorischen Transfusionsgewebes bei *Cycas revoluta* und *-circinalis* genau beschrieben hat, behauptet, dasz die Tüpfel von *Cycas revoluta* fast immer einfache, die von *Cycas circinalis* meistens gehöfte sind. Nach Worsdell (51, S. 308) besitzt das accessorische Transfusionsgewebe gehöfte Poren, doch von rudimentärem Typus und mit weitem, spaltartigem Porus. In der Nähe des Gefäszbündels sind sie mehr echt. Eigentümlich ist es, dasz Zimmermann (54, S. 2) wohl die Tüpfel des accessorischen Transfusionsgewebes, aber

nicht die des zentralen Transfusionsgewebes Hoftüpfel nennt.

4. Die Funktion. a. des zentralen Transfusionsgewebes.  
Auch betreffs der Funktion des zentralen Transfusionsgewebes sind die Meinungen verschieden. Nach De Bary (1, S. 395) und anderen dient dieses Gewebe dazu, die Verzweigung der Nerven zu ersetzen. Sie bezeichnen in Übereinstimmung mit Von Mohl (23, Sp. 19) das Transfusionsgewebe als ein Hilfsgeleitgewebe, weil das Geleitsystem bei den *Gymnospermen* nicht genügend entwickelt ist, so z.B. Worsdell (51, S. 304). Bernard (3, S. 257) ist damit ganz einverstanden; er glaubt sehr gerne, dasz das Transfusionsgewebe „une fonction conductrice“ hat. Damit das Wasser gleichmäszig aus den Hauptnerven in das transpirierende Blattgewebe strömen kann, schlieszt sich dem Xylemteile des Gefäßbündels ein aus wasserleitenden Elementen bestehendes Gewebe an (Haberlandt; 15, S. 337). Kraus (18, S. 334) unterstützt diese Hilfsgeleitgewebe-Theorie durch Folgendes: die Länge der Transfusionszellen; das Aneinanderliegen ihrer Enden; ihr Inhalt.

Nach einigen Autoren dient das Transfusionsgewebe, wie die Nerven, nicht nur als Leitung, sondern auch zur Stütze des Blattes. Nach Dagouillon (7, S. 110; 9, S. 355) findet man bei *Abietinae* zweierlei Elemente, nämlich Zellen mit verholzten Wänden und mit Tüpfeln versehen, aber auch Zellen mit verdickten Wänden ohne Tüpfel. Diese betrachtet er als eine Art Sclerenchym, die als Stütze des Blattes dienen sollen.

Zugleich wird in diesem Zusammenhang auf eine Hypothese von Scheit (32, S. 630—632) hingewiesen. Dieser Autor glaubt nachweisen zu können, dasz, wenn die Zellen der Endodermis keine verdickten Wände besitzen, die Wände der Transfusionszellen Netzfaserverdickungen zeigen oder zahlreiche kleine, stark verdickte Hoftüpfel. Sind die Wände der Endodermiszellen aber doch verdickt, so findet man grosze, regelmäszige Hoftüpfel. Die Verdickung der

Wände der Transfusionszellen bildet „ein Schutzmittel“ gegen den Druck der angrenzenden turgeszenten Zellen. Bei einer verdickten Endodermis Scheide ist das weniger nötig.

Obgleich es nicht unmittelbar auf das Obenstehende Bezug hat, sei hier noch die Meinung Scheits (32, S. 632 und 633) betreffs der gröszeren oder geringeren Entwicklung des Transfusionsgewebes bei den verschiedenen Gymnospermen erwähnt. Dieser Autor hat nämlich die Aufmerksamkeit darauf gelenkt, dasz das Transfusionsgewebe in den Blättern der Coniferae sich an trockenen und sonnigen Orten besser entwickelt hat als an sumpfigen. *Pinus Strobus*, welche am üppigsten auf sumpfigem Moorböden gedeiht, ist nur schwach mit Transfusionsgewebe ausgestattet. *Pinus Pinea* hingegen, welche am besten an sonnigen Orten gedeiht, hat viel Transfusionsgewebe. Aus dem Grade der Entwicklung des Transfusionsgewebes müsste man deswegen, nach Scheit, bei fossilen Pflanzen Schlüsse betreffs des Klimas und der Bodenbeschaffenheit ziehen können.

Hat also das Transfusionsgewebe, nach der Meinung vieler, die Aufgabe die feinere Nervenverzweigung, welche bei den *Gymnospermen* fehlt, zu ersetzen, so spielt das Transfusionsgewebe, nach der Meinung anderer, die Rolle eines Wasserreservoirs; Takeda z.B. (39, S. 361) weist auf gleichartige Fälle bei den *Angiospermen* (*Capparis* spp., *Centaurea* spp. u.a.) hin. Auch die epiphytischen *Orchideen* haben solche Organe als Wasserreservoir. Gewisse Spezies von *Dendrobium* haben längs des Gefäsbündels im Stamme dickwandige, tracheidenähnliche Zellen, ebenso geordnet wie in dem jungen Blatte der *Welwitschia*. Weiter findet man solche wasserhaltenden Tracheiden in den Blättern der *Casuarinaceae* und im Mark von *Cephalotaxus Koraiana*. Die starke Zunahme des Transfusionsgewebes nach der Blattspitze hin spricht für ein „Water-storage-organ“: Takeda (39, S. 360—362); Zimmermann (54, S. 8, 9). Auch die mannigfaltige Orientierung des Transfusions-

gewebes und die Tatsache, dasz kein Zusammenhang besteht zwischen der Lage der Spaltöffnungen und den Transfusionszellen, sprechen mehr gegen als für die Hilfgeleittheorie (Zimmermann l.c.). Die kurze und breite Gestalt der Tracheiden ist nach Carter (6, S. 982) und Takeda (39, S. 361) ein Argument für die Wasserreservoir-Theorie. Die Funktion der Leitung ist schwer anzunehmen bei der Kotyledone von Welwitschia, denn dieses Blatt ist sowohl longitudinal als transversal durch grosze und kleine Gefäßbündel, welche ein dichtes Netzwerk bilden, durchschnitten; die Anfüllung und Leitung von Wasser durch das Transfusionsgewebe ist hier also nicht nötig (Takeda, 39, S. 360 u. 361).

Vollständigkeitshalber sei hier noch bemerkt, dasz Carter (6, S. 982) experimentiert hat mit einer wässerigen Eosinlösung. In diese Lösung wurden Keimpflanzen gebracht. Manchmal erhielten die Transfusionszellen Eosin, doch auf die Frage „conduction or storage“ hat sie keine befriedigende Antwort erhalten.

Auch in der neuen Cycadeen-Bearbeitung von „Das Pflanzenreich“ (33, S. 33) wird „Wasserspeicherung“ als die Funktion des zentralen Transfusionsgewebes angegeben.

b. die Funktion des accessorischen Transfusionsgewebes.  
Betreffs der Funktion des accessorischen Transfusionsgewebes herrscht bei den verschiedenen Autoren eine ziemliche Übereinstimmung. Es dient nicht nur einem mechanischen Zweck, es dient nach Worsdell (51, S. 309) auch noch dazu, um Wasser nach den Zellen, welche sich mehr an der Peripherie befinden, zu führen. Von Mohl (23, Sp. 19) und Takeda (39, S. 362) haben sich ungefähr in gleicher Weise geäussert. Das accessorische Transfusionsgewebe ersetzt die dünnen Nerven. Nach Haberlandt jedoch (14, S. 133) ist das accessorische Transfusionsgewebe „in ernährungsphysiologischer Beziehung jeden-

falls bedeutunglos". Jedoch fügt er hinzu: „Zuweilen scheint aber das gesammte Querparenchym als Zuleitungsgewebe zu fungieren, wie z.B. bei *Cycas circinalis* und zeigt dann einen dementsprechenden Bau“.

Bernard (2, S. 270) behauptet, dasz das accessorische Transfusionsgewebe sich am stärksten ausgebildet hat bei den breitblättrigen, einnervigen Podocarpaceae; bei den schmalblättrigen lässt es sich kaum nachweisen.

Saxton (31, S. 167) hat dies bei den Cupressinae mit abgeplatteten, breiten Blättern gezeigt, während es bei den andern nicht vorkommt.

5. Der Inhalt. a. des zentralen Transfusionsgewebes. Im Bezug auf den Inhalt des zentralen Transfusionsgewebes sind die Autoren, soweit sie sich äussern, verschiedener Ansicht. Von Mohl (23, Sp. 19) spricht von einer Verbreitung der Säfte. Zimmermann (54, S. 7) behauptet, das Transfusionsgewebe enthalte einen wasserhellen Saft, in welchem irgend ein besonderer Stoff nicht nachweisbar ist. In den einjährigen Blättern von *Taxus baccata* fand er aber in den Transfusionszellen Luft. Scheit (32, S. 617) ist mehr positiv. Er gibt an, dasz die Elemente des Transfusionsgewebes Wasser und keine Luft enthalten. Letzteres steht im Gegensatz zu der Angabe von Zimmermann. Auch nach Van Tieghem (45, S. 126) sind die Transfusionszellen ausgefüllt mit einer hellen Flüssigkeit; sie enthalten kein Protoplasma und keinen Kern mehr.

b. des accessorischen Transfusionsgewebes. Betreffs des accessorischen Transfusionsgewebes sagt Thomas (40, S. 37) nichts mehr als: es ist chlorophyllfrei. Die meisten Autoren meinen, dasz der Inhalt nur aus Wasser besteht, z.B. Worsdell (51, S. 309). Aber Scheit (32, S. 624) hat bei *Podocarpus Koraiana* in den accessorischen Transfusionszellen einen protoplasmatischen Inhalt und einen Zellkern gefunden. Auch nach Haberlandt (14, S. 133) „sind das Protoplasma und der Zellsaft erhalten.“

6. Die Abstammung. a. des zentralen Transfusionsgewebes. Von einigen Autoren wird das Transfusionsgewebe aufgefaszt als modifiziertes Xylem, u.a. von Frank (11, Sp. 167, ff.), von Worsdell (51, S. 318, 5; 52, S. 122), von Bernard (2, S. 254, ff.); in gewisser Hinsicht auch von Griffin (13, S. 50—53) und von Pilger (25, S. 3). Frank weist in einer genauen Beschreibung auf den langsamem Übergang zwischen den Elementen der beiden Gewebe hin. Ein anderes Argument sieht er in dem Vorhandensein von Hoftüpfeln.

Worsdell und Bernard meinen, das Transfusionsgewebe sei nur eine Modifikation des zentripetalen Xylems. Worsdell fand in dem Cotyledo von *Ginkgo biloba* an der ventralen Seite des Protoxylems einige Tracheiden, welche dem zentripetalen Xylem äquivalent sein sollten. Sie waren den Zellen des Transfusionsgewebes ähnlich. Ein oder zwei Tracheiden, welche am meisten den Transfusionszellen ähnlich waren, befanden sich ganz lateral des Gefäßbündels.

Bei einem Längsschnitt wurde ein langsamer Übergang zwischen den langen und dünnen Tracheiden des Protoxylems und den breiten und kurzen Tracheiden der Peripherie wahrgenommen, und sie waren in jeder Hinsicht den Zellen des Transfusionsgewebes ganz ähnlich. In den Blättern von *Ginkgo*, *Cephalotaxus*, *Taxus*, u.a. fand Worsdell dasselbe. Nach Worsdell ist das Transfusionsgewebe deutlich eine laterale Ausdehnung und eine direkte Ableitung des zentripetalen Xylems.

Pilger übernimmt einfach die Worsdellsche Meinung und fügt gar nichts hinzu.

Bernard (2, p. 255) macht keinen Unterschied zwischen dem Transfusionsgewebe und dem zentripetalen Xylem: er nennt beide darum auch „*Xylème centripète*“. Worsdell hat dagegen Bedenken gehabt wegen der lateralen Lage des angeblichen zentripetalen Xylems. Jedoch war nach Ber-

nard das Transfusionsgewebe ursprünglich an der ventralen Seite des Protoxylems zu finden; durch die Abplattung der Blätter ist diese Lage lateral geworden. An der Spitze der Blätter, wo kein Xylem mehr gefunden wird, ist sie aber ventral. Weiter äussern Bernard noch die folgenden Argumente: das Transfusionsgewebe besitzt Primanen; es hat Hoftüpfel; durch das „Reactif genevois“ werden die Elemente dieser beiden Gewebe in gleicher Weise gefärbt; dann weist er noch auf den „ancestralen“ Charakter des zentripetalen Xylems hin und sagt, dass man dieses zentripetale Xylem bei den Gnetinae nur findet in den rudimentären Blättern von Ephedra und in den Bracteen von Gnetum; bei den höheren Pflanzen ist es ganz verschwunden. Griffin (13, S. 50—53) meint, das Transfusionsgewebe entstamme meistens nicht dem zentripetalen, sondern dem zentrifugalen Xylem. Bei den Cycadinae ist erstteres vielleicht wahrscheinlich. Bei den Coniferae ist das erstgenannte Gewebe nur sporadisch zu finden. Die Transfusionszellen stehen oft in unmittelbarer Berührung mit den lateralen Tracheiden des zentrifugalen Xylems; es gibt Übergänge zwischen diesen beiden Geweben. Die Transfusionszellen an der Peripherie, welche das Aussehen von Parenchymzellen haben, sind nach Griffin eine Modifikation dieser Parenchymzellen.

Einen ganz andern Standpunkt als die genannten Autoren nimmt Van Tieghem (45, S. 127) ein, der das Transfusionsgewebe nicht als modifiziertes Xylem und auch nicht als eine Modifikation des Parenchyms, sondern als eine Modifikation des Pericykels betrachtet. Das Pericykel wird nach ihm entweder mit dem Blattparenchym oder mit dem Gefäsbündel verwechselt.

Wir kommen jetzt zu der dritten Gruppe. Zu ihr gehören diejenigen, die das Transfusionsgewebe als modifiziertes Parenchym betrachten. Von Mohl, der auch hierzu ge-

hört, weist auf die eigentümlichen räumlichen Verhältnisse des Transfusionsgewebes hin; sie sind als solche bei dem Xylem nicht zu finden. Er schreibt: „Dagegen wäre das räumliche Verhältniss, in welchem dieses Gewebe zum übrigen Gefäsbündel steht, ein im höchsten Grade eigen-thümliches, wenn man dasselbe als einen Theil desselben betrachten würde. Wollte man auch keinen Anstoss an denjenigen Fällen nehmen, in welchen dieses Gewebe wie bei *Podocarpus* und *Juniperus* unter der Gestalt eines flügel-förmigen Vorsprunges zu beiden Seiten des eigentlichen Gefäsbündels auftritt, so erscheinen dagegen die Formen, in welchen dasselbe wie bei *Sciadopitys* und *Araucaria* sich sichelförmig hinter dem Gefäsbündel zurückbiegt und rinnenförmig das Holz desselben umkleidet und endlich bei den Abietineen auch auf die Bastseite desselben übertritt, desto bedenklicher. Eine derartige Holzbildung stünde mit allem, was wir sonst im Pflanzenreich kennen, im Wider-spruch“ (23, Sp. 18 ff.).

Diese Von Mohl'sche Meinung wird von andern Autoren unterstützt, von Thomas (40, S. 45), Lazarski (19, S. 87), Carter (6, S. 982, Zusammenfassung, sub 2) und Takeda (39, S. 362).

Scheit (32, S. 628, 629), der das Transfusionsgewebe sonst als modifiziertes Xylem auffaszt, meint aber auch, dasz bei den *Pinusarten* und bei *Abies excelsa* dieses Gewebe sich aus den farblosen Parenchymzellen gebildet hat.

Sie fügen den Argumenten von Von Mohl das Folgende hinzu. Das Transfusionsgewebe hat immer seinen Anfang an der lateralen Seite und nie an der ventralen Seite des Gefäsbündels. Nur an der lateralen Seite besteht ein Kontakt. Wenn es Transfusionsgewebe an der ventralen Seite gibt, findet sich auch immer Parenchym oder Sclerenchym zwischen diesem Gewebe und dem Xylem, Carter (6, S. 981, 2) und Takeda (39, S. 360).

Das Gegen-argument von Worsdell, dasz es bisweilen

eine Ausdehnung des Transfusionsgewebes von der lateralen Seite nach der Xylemseite des Gefässbündels gibt, beweist nichts, weil diese Erscheinung kein Anfangspunkt der Entwicklung ist, sondern ein Endstadium. Die Entwicklung des Transfusionsgewebes ist also nicht zentripetal, sondern lateral (Takeda L.c.).

Der Kontakt an der lateralen Seite spricht auch nicht für die Richtigkeit der Worsdellschen Hypothese; dies weist nach Takeda nur auf eine gleiche Funktion dieser beiden Gewebe hin.

Takeda meint, dasz die zuletzt gebildeten Zellen des Transfusionsgewebes aus dem Mesophyllparenchym entstanden sind; oder, wenn das Gefässbündel von einer Endodermis Scheide umgeben ist, aus den Pericykelzellen. Dies zeigt sich ganz deutlich bei einem Vergleich der Gröszenverhältnisse, der Form und der Lage der Transfusionszellen mit denen der benachbarten Zellen.

Die Transfusionszellen sind auch nicht regelmäsig geordnet, sondern unregelmäsig; oft findet man schmale Zellen zwischen breiten und ausgewachsenen Takeda (39, S. 360). Dies alles weist auf ihren parenchymatischen Ursprung hin.

In der neuen Cycadeen-Bearbeitung von „Das Pflanzenreich“ (33, S. 33) trifft man auch diese Ansicht, jedoch ohne Begründung. Schliesslich nimmt O. Lignier (20, S. 65, ff.; 21, S. 625, ff.) unter allen Autoren eine isolierte Stelle ein, weil er das Transfusionsgewebe (zentrales + accessorisches) als eine reduzierte laterale Nervatur betrachtet. Nach diesem Autor findet auch bei den Cycadaceae Dichotomie der Nervatur statt. Es ist ein Irrtum anzunehmen, dasz Cycas nur einen Hauptnerv besitzt. Lignier beschreibt nun das zentrale und das accessorische Transfusionsgewebe. Der Übergang zwischen beiden ist nicht wahrnehmbar. Das eine ist eine Fortsetzung des andern. Man musz hier, nach Lignier, sofort an einen

reduzierten Nerv denken, von welchem das primitive Verhalten derjenigen, welche man bei den Taeniopteridae findet, analog sein müsste. Der Autor fügt noch einige phylogenetische Bemerkungen hinzu, doch sind diese hier nicht angebracht.

*b.* des accessorischen Transfusionsgewebes. Betreffs des accessorischen Transfusionsgewebes sind alle Autoren, soweit bekannt, der Meinung, dasz dieses aus modifiziertem Parenchym besteht. Thomas (40, S. 37) spricht z.B. von „quergestrecktem Parenchym“. Kraus (18, S. 334) aber meint, dasz die Zellen des accessorischen Transfusionsgewebes nicht identifiziert werden dürfen mit den Zellen, welche Chlorophyll enthalten, dasz sie aber auch chemisch mit denen des Markparenchyms übereinstimmen. Nach Worsdell (51, S. 308) ist das accessorische Transfusionsgewebe eine reine Modifikation des Mesophylls.

**§ 2. Zweck, Methode und Material.** Zweck dieser Abhandlung ist, möglichst Klarheit zu schaffen über die Bedeutung des Transfusionsgewebes. Um dazu zu kommen, wird im Folgenden hauptsächlich eine genaue Beschreibung des Transfusionsgewebes und seiner Elemente gegeben; darauf wird bei den Blättern der verschiedenen Arten von den Ordnungen der *Cycadinae*, *Ginkgoinae* und *Coniferae* das Transfusionsgewebe verglichen einerseits mit dem Xylem, anderseits mit dem Parenchym. Auch wird die Entwicklung durch Knospenschnitte beobachtet. Hierdurch bekommt man eine allgemeine Übersicht über die allgemeinen Eigenschaften, also auch über die Unterschiede von dem Xylem und dem Parenchym. Schlieszlich wird versucht, mit Hilfe der Ergebnisse die Fragen zu lösen, mit denen sich die Autoren bezüglich der Funktion und des Ursprungs des Transfusionsgewebes befaszt haben.

Für die Beschreibung des Xylems, des Parenchyms und des Transfusionsgewebes wurde die Methode von Moll und Jan-

sonius in „Botanical-Pen-Portraits“ (24) verwendet.

Die gemachten Vergleichungen zwischen den Zellen des Transfusionsgewebes und denen des Xylems und des Parenchyms beziehen sich auf Form, Grösze, Ordnung, Wanddicke, Verholzung, Tüpfelung, Netzfaser- oder andere Verdickungen an der Innenseite und auf den Inhalt.

Das Material ist aus dem Herbarium oder aus dem Hortus des Botanischen Laboratoriums der Reichs-Universität in Groningen.

Die Schnitte sind meistens gefärbt mit Phloroglucin-Salzsäure, mit Salzsäure-Anilin oder mit Safranin.

Anmerkung. Das Transfusionsgewebe kommt nicht nur vor in den Blättern der Gymnospermen, sondern auch in den Zweigen, z.B. im Mark der Zweige von *Cephalotaxus* (Rothert, S. 275, ff.).

Die verholzten Zellen, mit Spiral- oder Netzfaser-verdickungen auf der Innenseite, welche man z.B. in den Luftwurzeln von einigen Orchideen findet, sind nach Bernard keine Transfusionszellen (2, S. 248).

Bei vielen Fossilien ist auch Transfusionsgewebe nachweisbar, z.B. bei *Lepidodendron* (Scott, S. 160, Fig. 64); bei *Sigillaria* (Scott, S. 230, Fig. 95).

Auch in der Wielandschen Arbeit (*Histoire fossil Cycads*, S. 65, 92; Abbild. XX, S. 267) kann man etwas Derartiges finden.

Näher hierauf einzugehen, liegt nicht in der Absicht dieser Abhandlung.

## KAPITEL II.

### DAS TRANSFUSIONSGEWEBE BEI DER ORDNUNG DER CYCADINAE.

§ 1. *Cycas revoluta* Thunb. Die harten, steifen Blättchen des gefiederten Blattes haben nur einen Hauptnerv; laterale Nerven fehlen. In der Nähe der Basis ist die Breite

des Blättchens am grössten; diese ist aber über einen groszen Teil ungefähr gleich.

Das Bündel ist collateral, nicht geschlossen. Es gibt zentripetales Xylem und auch ein wenig zentrifugales (Fig. 1c und d). Ersteres findet man an der ventralen Seite des Blättchens<sup>1)</sup>. Dorsal des Phloëms wird Keratenchym gefunden (Fig. 1a). Es gibt zentrales und accessorisches Transfusionsgewebe (Fig. 1a). Neben der Endodermis und zwar an der Innenseite findet man stellenweise verholzte sclerenchymatische Zellen (z.B. Fig. 1g). Die Endodermis selbst ist auch verholzt; an der dorsalen Seite aus Elementen mit stark verdickter Innenwand zusammengesetzt; diese ist mit Tüpfeln versehen. Hier ist die Endodermis leicht zu erkennen; an der ventralen Seite jedoch nicht so leicht (Fig. 1a). An der lateralen Seite besitzen manche Zellen der Endodermis und auch Zellen ausserhalb der Endodermis verdickte und verholzte Wände mit zahlreichen Tüpfeln. Sie bilden eine Verbindung, Übergangszellen zwischen dem zentralen und dem accessorischen Transfusionsgewebe (Fig. 1a). Von Cycas werden nun nacheinander besprochen: das zentrale Transfusionsgewebe, die Übergangszellen und das accessorische Transfusionsgewebe, und zwar so, wie es in § 2 des einleitenden Kapitels angegeben ist. Die Schnitte sind gemacht aus dem ausgewachsenen Blättchen auf verschiedenen Entfernnungen von der Spitze.

**Anmerkung.** In den Beschreibungen wird die longitudinale, die radiale und die tangentiale Richtung der Zellen innerhalb der Endodermis so angedeutet, als ob ein Gefäßbündel eines Stengels vorläge, also longitudinal L., radial R. und tangential T.

Von den Zellen ausserhalb der Endodermis, wo das nicht gut angänglich ist, weil die grösste Länge der Zelle vielfach

<sup>1)</sup> Die ventrale Seite ist die obere, die dorsale Seite die untere Seite des Blättchens; auch alle Figuren sind so orientiert, dasz die ventrale Seite nach oben gekehrt ist.

nicht mit der longitudinalen Richtung des Blättchens zusammenfällt, folge ich den Bezeichnungen, wie sie in „Botanical Pen-Portraits“ (24, S. 22) gegeben werden.

Es heiszt dort: H = height, i.e. in a direction perpendicular to the surface of the organ, therefore being different

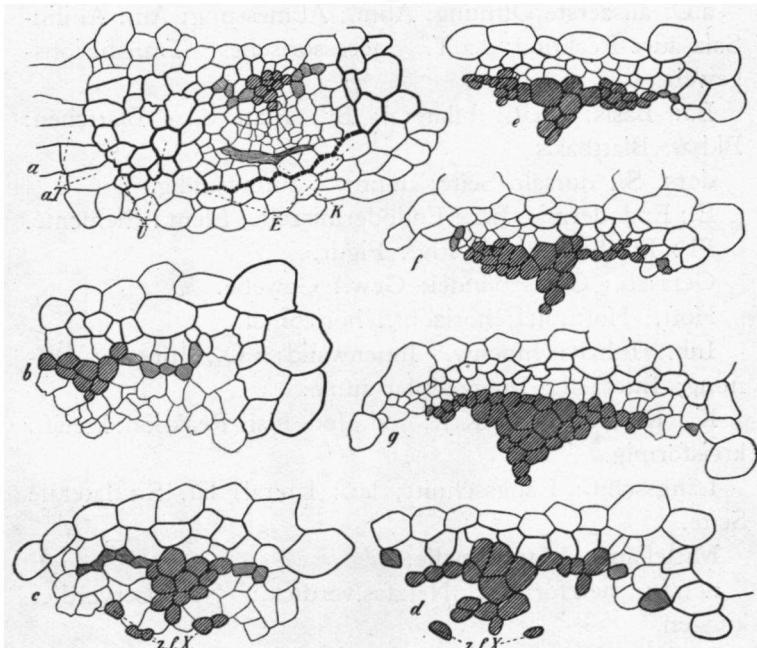


Fig. 1. Querschnitte durch den Hauptnerv des Blättchens: a. ( $110 \times \frac{1}{2}$ ), b. ( $180 \times \frac{1}{2}$ ), c. ( $180 \times 2$ ), d. ( $180 \times 3$ ), e. ( $110 \times 5$ ), f. ( $110 \times 7$ ), und g. ( $110 \times 9$ ) cm unterhalb der Spitze. Das stärker und weiter Schraffierte ist Xylem, das dünner und enger Schraffierte ist zentrales Transfusionsgewebe. Die Zellen mit verdickten Wänden sind sclerenchymatische; die übrigen sind Phloëmzellen und Parenchymzellen.

in different parts of the organ (in dieser Abhandlung H.).

Lev. = in the direction of the surface of the organ. Therefore differing in different parts of the organ (in dieser Abhandlung Fl.).

Lev. L. = parallel to the surface and at the same time

in a longitudinal direction (in dieser Abhandlung Fl. L.).

Lev. B. = parallel to the surface of the organ and at the same time in a transverse direction (in dieser Abhandlung Fl. B.).

Weiter sind noch die folgenden Abkürzungen eingeführt:

ä.Ö: äusserste Öffnung; Abm.: Abmessung; An.: Anilin-Salzsäure-Reaktion; a.T.: accessorisches Transfusionsgewebe.

Ba: Basis; bilat.: bilateral; Bl.: Blatt oder Blättchen; Bl.ba.: Blattbasis.

dors. S.: dorsale Seite; dünnw.: dünnwandig.

E.: Endodermis; E.z.: Endodermiszelle; Elem.: Elemente.

Fl.: Flächenansicht; Fig.: Figur.

Gefäszb.: Gefäzbündel; Gew.: Gewebe.

Hoft.: Hoftüpfel; horizont.: horizontal.

Inh.: Inhalt; Innenw.: Innenwand; i.Ö.: Innerste Öffnung; Interzell.: Interzellularräume.

K.: Keratenchym; K.J.: Jod. Jod. Kali-Reaktion; kreisf.: kreisförmig.

Längsschn.: Längsschnitt; lat.: lateral; lat. S.: laterale Seite.

Mittellam.: Mittellamelle.

netzf.: netzförmig; Netzfaz.verdick.: Netzfazerverdickungen.

P.: Parenchym; P.a.: Pektin-annulus; P.z.: Parenchymzellen; Pekt.: Pektinstoffe; Phl.: Phloëm; Phl.s.: Phloëmseite; Phl.z.: Phloënzelle; P.p.: Palisaden-parenchym; Pt.: Primanen des Transfusionsgewebes; Px: Primanen des Xylems; Phlor.: Phloroglucinsalzsäure-Reaktion; prism.: prismatisch; Protopl.: Protoplasma; protoplasm.: protoplasmatisch.

Querschn.: Querschnitt; Querw.: Querwand.

rad.: radial; regelm.: regelmässig; R.tr.: Ringtracheiden; R.verdick.: Ringverdickungen; Ruth.: Ruthenium-rot, Reaktion.

S.: Seite; Saf.: Safranin-Reaktion; Sc.: Sclerenchym;  
 Sch.: Schicht; Schn.: Schnitt; sechss.: sechsseitig; sek.:  
 sekundär; sek. Sch.: sekundäre Schichten; Spi.: Spitze;  
 Sp. tr.: Spiraltracheiden; Sp.verdick.: Spiralverdickungen.

T.: Transfusionsgewebe; tang.: tangential; To.: Torus;  
 Tr.: Tracheide; Tü.: Tüpfel; Tü.tr.: Tüpfeltracheide;  
 T.z.: Transfusionszelle.

Ü.: Übergangszelle; unilat.: unilateral; unregelm.: un-  
 regelmäsig; unverh.: unverholzt.

ventr. S.: ventrale Seite; verd.: verdickt; Verdick.: Ver-  
 dickungen; Verd.sch.: Verdickungsschichten; verh.: ver-  
 holzt; vertik.: vertikal.

W.: Wand; W.dicke: Wanddicke.

Querw.: Querwand.

X.: Xylem; X.s.: Xylemseite; X.z.: Xylemzellen.

Z.: Zellen; z.f.X.: zentrifugales Xylem; z.p.X.: zentripe-  
 tales Xylem; z.T.: zentrales Transfusionsgewebe; Zwick.:  
 Zwickel; zyl.: zylindrisch.

**A. Zentrales Transfusionsgewebe. Beschreibung  
 des zentripetalen Xylems.** Die Elem. in bisweilen  
 schwer zu unterscheidenden Reihen. Zwischen der ventr. S.  
 der E. und dem Gefäszb. zuweilen 1 oder 2 Reihen P.z.;  
 vielfach auch Z. mit verdickten W. (Fig. 1a, b, c, u.s.w.).  
 Auch P. zwischen Phl. und z.p.X; ebenso meistens zwischen  
 z.p.X. und z.f.X. (Fig. 1c). In der Nähe der Spi.  
 die Pt. und Px. unmittelbar nebeneinander (Fig. 1a, b, c);  
 weiter von der Spi. entfernt P. zwischen beiden Geweben  
 (Fig. 1f, g).

Von der Spi. her nach der Ba. hin eine starke lat. Ausdeh-  
 nung des z.p.X., anfangend  $\pm$  3 cm von der Spi. entfernt  
 (Fig. 1d).

Zahl der X.-reihen des Gefäszb. und Durchschnittszahl  
 der Elem. der mittelsten Reihen dieses Gefäszb. auf ver-  
 schiedenen Entfernungen von der Spi. (das Bl. hat eine  
 Länge von  $\pm$  17 cm):

Entfernung von der Spi. des Bl.	Durchschnittszahl der Zellreihen	Durchschnittszahl der Zellen der mittelsten Reihen	Fig.
½ cm	4—5	3—4	1a, b.
2 „	4—5	4	1c
2½ „	6	4	—
3 „	9—10	4	1d
3½ „	10	4—5	—
5 „	13—14	4—5	1e
7 „	13—14	4—5	1f
9 „	16—17	5—6	1g
11 „	18—19	5—7	—

Also zwischen 2 und 3 cm eine starke Zunahme der Zahl der Reihen und eine geringe Zunahme der Zellenzahl der mittelsten Zellreihen.

Elem. Älteste aus R.- und Sp.-, jüngste aus Tü.tr.; Abm. der Tr.: R. 5—30  $\mu$ ; T. 7—30  $\mu$  (an der Spi. engere Tr. als nach der Ba. hin); L 150—220  $\mu$ . Form: im Querschn. ungefähr rund (besonders die engen Tr.; die breiteren oft eckig); die T.-Abm. oft gröszer als die in der R.-Richtung; etwas geneigte Querw. W.  $\pm$  5  $\mu$  dick; die engen Tr. mit den dünneren W.; die jüngeren Tr. oft mit dünneren W. Verh. (nach der Phlor. und nach der An.); Mittellam. pektinartig (Ruth.); diese  $\pm$  1  $\mu$  Sek. Sch. bei den breiten Tr. stark entwickelt. Keine Interzell.; Zwick. an allen Ecken. Mehr oder weniger spaltartige Hoft. auf allen W.; in vertik. abwechselnden Reihen (26, S. 496); 1—3 Reihen; oft einander berührend; die Form jedoch nicht geändert; Abm. der Hoft. L.  $\pm$  6  $\mu$ ; R.  $\pm$  8  $\mu$ ; Ö. einigermaßen spaltartig; Breite 1  $\mu$ ; zwischen den Tr. und den P.z. unilat. Inh. der Tr.: nihil.

Beschreibung des Parenchyms. Ziemlich viel vorhanden, besonders lat. des Gefäszb. Elem. R. 10—20  $\mu$ ; T. 10—30  $\mu$ ; L. 50—70  $\mu$ . Form. vier- bis sechss. Prisma;

die T. Abm. etwas grösser als die R. Abm.; geneigte Querw.; W. verh.;  $\pm 3 \mu$  dick; Mittellam. pektinartig; keine Sp.- oder Netzfaz. verdick. auf den W. Keine Interzell. Keine Tü. Wandständiges Protopl. (Plasm. mit  $\text{KNO}_3$ ).

Beschreibung des zentralen Transfusionsgewebes. Lage lat. des Gefäszb.. Sehr geringe Entwicklung; an der Spi. des Bl. noch am meisten; an der Ba. oft ganz fehlend (Fig. 1a—1g); an der Spi. sich oft ausdehnend von der lat. S. des X. bis an die E. (Fig. 1a). Mittels der Pt. sich dem X. anschlieszend. Mehr nach der Ba. hin oft P. zwischen dem T. und dem z.p.X. (Fig. 1f und g). Auch oft zwischen den T.z. gegenseitig. Kein unmittelbarer Kontakt zwischen dem T. und dem Phl.; P. dazwischen.

Elem. R.- und T. 10—20  $\mu$ ; L. 50—80  $\mu$ ; wenig Unterschied in der Breite der Pt. und der andern Z. Die Form eines vier- oder sechss. Prismas; geneigte Querw.; oft sehr gering. W. dicke  $\pm 4 \mu$ ; verh. (die Verh. später als bei dem X.; früher als bei dem P.); Mittellam. pektinartig; sek. Verdick.; keine Sp.- oder Netzfaz. verdick. auf der Innenw. Keine Interzell. Keine typischen Hoft.; Ö. breit; L 4  $\mu$ ; R. 4  $\mu$ ; Ö. 3  $\mu$ ; diese bisweilen ein wenig spaltartig; die Form eines Hoft. nicht beeinfluszt durch die benachbarten; kein To. wahrgenommen; bei den aneinander grenzenden Tz. die Hoft. bilat.; bei den an das P. grenzenden unilat.; Hoft. bisweilen in groszer Anzahl; dann in vertik. abwechselnden Reihen; ein Unterschied betreffs der Zahl auf den R.- und T.-W. nicht wahrgenommen. Mit wandständigem Protopl. (Plasm. nachzuweisen mit  $\text{KNO}_3$ ); aber geringer als bei den P.z.

Anmerkung über Hoftüpfel. Der Hof ist an den beiden Seiten eine Erweiterung des Tüpfelkanals. Der Hof ist an der Innenseite mit einem Auswuchs der primären Zellwand bedeckt. Dies folgt aus der Entwicklung. Später wird dieser an der Auszenseite mit sekundären Verdickungsschichten bedeckt, ausser an einem kleinen Teil, dem

Tüpfelkanal. Schlieszlich bildet sich an der Auszenseite noch die tertäre Membran. Der Hof ist also an der Innenseite ganz mit der primären Zellmembran bekleidet. Die Entwicklung des Hoftüpfels bei *Pinus* hat Sanio genau beschrieben (29 S. 193—198; 30 S. 79—96). Mit Rutheniumrot wird diese primäre Membran, welche aus Pektinstoffen zusammengesetzt ist, violett bis karminrot gefärbt; ebenso die Schlieszhaut zwischen zwei Tüpfeln; weiter auch die primäre Zellwand (37, S. 274). Wenn ein Hoftüpfel des Transfusionsgewebes in Flächenansicht beobachtet wird, sieht man, dasz der Hof von einem ziemlich dicken Ring, welcher von einem inneren und äuszeren Kreis begrenzt wird, umgeben ist; dieser Ring ist der sogenannte Pektinannulus. Nach D. J. W. Pool (26, S. 491) wird dieser durch eine dicke Linie in Fig. 2a angedeutet. Er ist entstanden, weil sich die Mittellamelle lokal verdickt hat; er besteht also auch aus Pektin. Auch sieht man oft eine breite, ungefähr runde Öffnung: das ist die sog. innerste Öffnung (die Öffnung dem Zellumen am nächsten). Bei einer tieferen Einstellung eine andere, eine wenig kleinere Öffnung; auch eine ungefähr kreisförmige Peripherie: das ist die äuszerste Öffnung. Fig. 2a gibt ein Bild des Transfusionshoftüpfels. Von diesem Tüpfel ist in Fig. 2b noch ein Querschnitt abgebildet, daneben eine Flächenansicht. Fig. 2c ist die Abbildung des gewöhnlichen *Pinustypus*. Bei einer Vergleichung der Transfusionshoftüpfel (Fig. 2a und b) mit denen von *Pinus* (Fig. 2c) fällt bald die breite Öffnung des Hofes auf. Bei dem Pinushoftüpfel ist die Öffnung, verglichen mit dem Hofe, ziemlich eng. Bei dem des Transfusionsgewebes von *Cycas* hingegen ist die Öffnung grossz; der Hof ist etwas gröszer als der Kanal; er ist also nicht ein einfacher Tüpfel, wie er wohl in den Sclerenchym-Zellwänden gefunden wird. Bei den Spalttüpfeln der Tracheiden findet man das Folgende: Bei Längsschnitten zeigen die Tüpfel z.B. auf den radialen Wänden in der

Flächenansicht das Bild wie in Fig. 2d. Die grosse Achse der ovalen innersten Öffnung ist quer gerichtet. Einige dieser Hoftüpfel sind in den Längsschnitten so getroffen,

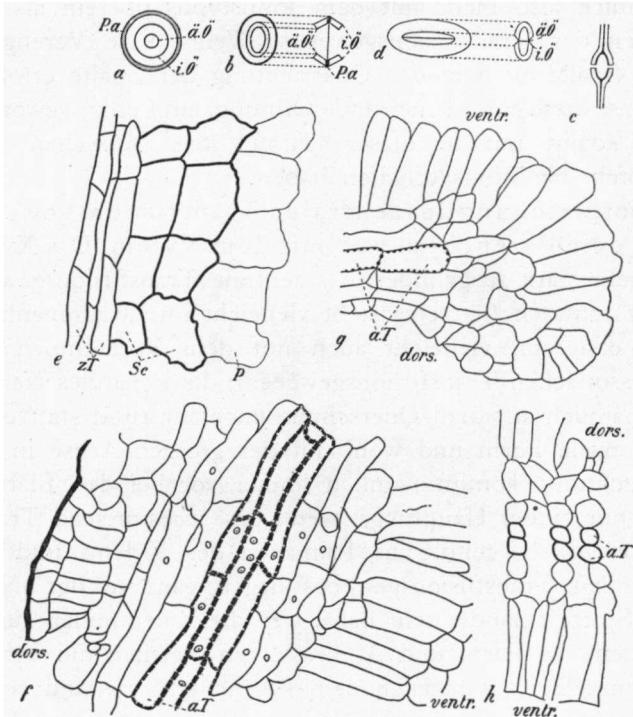


Fig. 2 a, b, c und d: Hoftüpfel (schematisiert). Erklärung im Text. Fig. 2 e: Längsschnitt durch das Blättchen ( $110\times$ ). Fig. 2 f und g: Querschnitt des Blättchens ausserhalb des Gefässbündels ( $110\times$ ). Fig. 2 h: Längsschnitt senkrecht auf der Blattfläche und parallel der H-Richtung ( $110\times$ ).

dasz der Tüpfel gerade halbiert wird. Die äuszerste Öffnung, welche in der Flächenansicht die Form einer engen Spalte hat, wird dann als eine kleine runde Öffnung gesehen (ein Punkt!). Der Tüpfelkanal ist an der Seite des Hofes eine

enge Spalte; an der Seite des Zellumens eine ovale Öffnung. Diese Spalttüpfel, welche auch in den Wänden der Tracheiden der Wurzel von *Cycas revoluta* zu finden sind, stimmen also mehr mit dem Pinustypus überein als mit denen des Transfusionsgewebes. Wenn diese Verengung der Spalte auch in der Querrichtung der Spalte erfolgte, so dasz diese eine kleine runde Öffnung, ein Punkt, geworden war, dann muszte dieser Tüpfel das Aussehen von Tüpfeln bei *Pinus* erhalten haben.

Vergleichung des zentralen Transfusionsgewebes mit dem Parenchym und mit dem Xylem. Das Xylem ist sehr stark ausgebildet; das zentrale Transfusionsgewebe ganz schwach (letzteres steht vielleicht im Zusammenhang mit ersterem, vielleicht auch mit dem Vorkommen des accessorischen Transfusionsgewebes); die Form des Nerven ist nämlich auf dem Querschnitt ungefähr rund statt oval; eine ovale Form und wohl mit der groszen Achse in der T.Richtung, kommt nämlich immer vor bei den Blättern mit nur einem Hauptnerv, wenn das accessorische Transfusionsgewebe fehlt. Die Primanen des Xylems und des zentralen Transfusionsgewebes liegen ganz in der Nähe der Spitze einander sehr nahe, weil die Xylemreihen kürzer werden. In Form und Abmessungen gleichen die Transfusionszellen am meisten dem Parenchym; sie sind eckig, unregelmässig, sogar die Primanen ein wenig; mehr oder weniger geneigte Querwände; dies kommt jedoch auch bei den Parenchymzellen vor; sie sind auch nur ein wenig länger als die Parenchymzellen. Die Wanddicke der Transfusionszellen hält die Mitte zwischen denjenigen von Xylem und von Parenchym. Die Wände der Xylemtracheiden, der Transfusions- und Parenchymzellen sind verholzt. Die Verholzung tritt zuerst bei dem Xylem ein, dann bei dem Transfusionsgewebe und endlich bei dem Parenchym. Betreffs der Tüpfelung unterscheidet sich das Transfusionsgewebe von dem Parenchym durch den Besitz von Hof-

tüpfeln; das Parenchym hat einfache Tüpfel. Hinsichtlich des Xylems besteht auch ein Unterschied, weil in den Transfusionszellen weniger typische, rundliche Hoftüpfel vorkommen, während die Xylemtracheiden spaltförmige Hoftüpfel besitzen. Im Bezug auf den Inhalt stimmt das Transfusionsgewebe ungefähr mit dem Parenchym überein.

B. „Übergangszellen“ (Cellules de la gaine, modifiées pour la passage des sucs: Bernard, 2, S. 260). Die Lage lat. des Gefäszb.; aus E.z. und einigen Z. auszerhalb der E. (Fig. 1a); an der Auszenseite das a.T. berührend. In der T.-Richtung zusammengesetzt aus Reihen von etwa 4 Z. Die R.- und T.-Abm. viel länger als die Abm. der z.Tr.z.; die L.-Abm. viel kürzer.

Elem.: Die Querw. nicht geneigt, wie oft bei den Zellw. des z.T. (Fig. 2e). Oft mit Verdick. auf den W. Keine Interzell.; Zwick. auf den Ecken. Abm.: R. 30—80  $\mu$ ; T. 30—80  $\mu$ ; L. 40—70  $\mu$ . W. dicke 8  $\mu$ ; verh.; Mittellam. aus Pekt.; sek. Sch. gut entwickelt. Die Tü. bisweilen ungefähr wie die des z.T.; oft auch einfache Tü. (ohne Hof). Auch wandständiges Protopl., wie das z.T.

Anmerkung. Es ist bei einem Querschnitt in der Praxis schwer, die zentralen Transfusionszellen und Xylemtracheiden von einander zu unterscheiden. Bei einem Längsschnitt ist es leichter; die zentralen Transfusionszellen sind viel kürzer als die Xylemtracheiden und haben rundliche Tüpfel; die Xylemelemente hingegen Spalttüpfel.

Bei Längsschnitten lässt sich es aber schwerer feststellen, welches zentrale Transfusionszellen und welches Übergangszellen sind, weil die letzteren mehr oder weniger allmählich in die ersten übergehen. Die Tüpfel sind auch ungefähr gleich. Der Unterschied in Dickwandigkeit hilft wohl einigermassen. Weiter kann man bei Querschnitten die minimale und maximale R.- und T.-Abmessung von beiden bestimmen; diese können dann benutzt werden um die Zellen, über die Zweifel besteht, als zentrale Trans-

fusions- oder Übergangszellen zu identifizieren. Deshalb sind wiederholte Messungen und Beobachtungen erforderlich.

C. Das accessorische Transfusionsgewebe. Lage lat. des Gefäszb. und sich den Übergangszellen der Scheide anschlieszend (Fig. 1a). Auf einem Querschn. als etwa 3 Z.-reihen zu sehen, sich in der Fl.B.Richtung ausdehnend; diese ventr. und dors. von einem Paar Reihen verh. P.z. begrenzt (Fig. 2f). Die a.Tz. in der Fl.B.Richtung sich beinahe ausdehnend bis an den Blattrand, weil die Zahl der Reihen sich meistens bis auf 1 vermindert (Fig. 2g). Den Längsschn. gemäsz diese Reihen in der Fl.B.Richtung von den andern über ihnen (nach der Spi. des Bl. hin) oder unter ihnen liegenden (nach der Ba. hin) durch grosze Interzell. getrennt<sup>1)</sup> (Fig. 2h).

Elem. Die Form ungefähr zyl.; die Z. bisweilen in der Richtung der E. ein wenig breiter; besonders die den Übergangszellen sehr naheliegenden. Abm.: H.  $\pm$  20  $\mu$ ; Fl.B. 100—200  $\mu$ ; Fl.L.  $\pm$  20  $\mu$ . W. verh., nach der Phlor. und der An.; Mittellam. pektinartig (Ruth.). Hofft. auf allen W.; oft weniger typisch; die Form in Fl. bisweilen ungefähr rund; oft auch wohl länglich; die Hofft. wenig tief<sup>2)</sup>; die Breite des Tü. ziemlich grosz; L. 5—10  $\mu$ ; Ö.  $\pm$  2  $\mu$ ; kein To. wahrgenommen; zwischen zwei a.T.z. bilat.; sonst unilat.; die Abm. des Hofes ziemlich variierend. Ausserdem bei den groszen Interzell., wie oben erwähnt, Zwick. auf den Ecken. Wandständiges Protopl., jedoch weniger als bei den benachbarten P.z. Plasm. mit KNO<sub>3</sub>.

Anmerkung 1. Es ist nicht leicht, die accessorische Transfusionszellen von den verholzten Parenchymzellen zu unterscheiden, da beide verholzt sind und ungefähr dieselbe Form haben. Die ersten sind jedoch bisweilen ein wenig länger (die Abmessung in der Fl.B.Richtung) und schmäler

<sup>1)</sup> Hierdurch ist es schwer, gute Querschn. des a. T. zu bekommen.

<sup>2)</sup> Die Tiefe ist die Entfernung zwischen der Öffnung und der Mittellamelle.

(die Abmessung in der H-Richtung). Auch haben die accessorischen Transfusionszellen Hoftüpfel; die Parenchymzellen hingegen einfache Tüpfel.

Anmerkung 2. Das accessorische Transfusionsgewebe ist wenig von dem zentralen verschieden; prinzipiell stimmen beide ganz überein; Von Mohl macht sogar keinen Unterschied. Die Übereinstimmung der accessorischen Transfusionszellen mit denen des benachbarten Parenchyms ist noch gröszer als die der zentralen Transfusionszellen mit denen des Parenchyms. Die Hoftüpfel sind noch weniger typisch; ihre Form und Grösze auch weniger stabil; die Verdickungen auf den Innenwänden sehr unregelmässig; die groszen Interzellularräume deuten auf den parenchymatischen Charakter; der protoplasmatische Inhalt ist noch besser nachweisbar. Nach der Literaturübersicht betrachten die verschiedenen Autoren dies als ein hilfeleistendes Gewebe, um die fehlende Seiten-nervatur zu ersetzen. Es kommt auch vor bei den einnervigen mehr oder weniger breitblättrigen Gymnospermen; das zentrale Transfusionsgewebe dehnt sich dann nicht so weit lateral nach dem Blattrande hin aus (Zusammenfassung S. 377,d). Allgemein betrachtet man es als von dem Parenchym abstammend; nur Lignier hält es für eine reduzierte Seiten-nervatur (Literatur-übersicht S. 323).

§ 2. *Encephalartos horridus*. Die Blättchen von *Encephalartos horridus* haben parallele Nerven. Rings um jeden Nerv findet man eine deutlich wahrnehmbare Endodermis. Von der Endodermus sind nämlich manche Zellen dickwandig (Fig. 3a u.s.w.). Das Gefäsbündel ist collateral und nicht geschlossen. Es gibt zentripetales Xylem, jedoch viel weniger als bei *Cycas revoluta*. Das zentrifugale Xylem ist wenig entwickelt; in manchen Schnitten (besonders in der Nähe der Spitze) ist es überhaupt nicht zu finden. *Encephalartos* hat ziemlich viel zentrales Transfusionsgewebe (viel mehr als *Cycas revoluta*).

Das accessorische Transfusionsgewebe fehlt.

**Beschreibung des Xylems. Zentripetales Xylems.**  
An der Spi. des Bl. gänzlich fehlend (Fig. 3a). Etwa 4 cm von der Spi. entfernt nur aus einer Reihe bestehend (Fig. 3b); ungefähr auf der Hälfte des Bl. aus etwa zwei Reihen (Fig. 3c); weiter nach der Ba. hin nur wenig Zunahme (Fig. 3d und e). An der Ba. des Bl., nämlich an der ventr. S., in unmittelbarer Berührung mit der E. (Fig. 3e); im übrigen ein oder zwei Reihen von P.z., zwischen diesen beiden (Fig. 3b, c und d). Im allgemeinen die Reihen schwer zu unterscheiden.

**Elem.** Die ältesten aus R.- und Sp.-, die jüngsten aus Tü.tr. (Fig. 3f). R. 5—45  $\mu$ ; T. 10—50  $\mu$ ; L. 400  $\mu$ <sup>1)</sup>; an der Ba. des Bl. die P.x. mit kleiner R.- und T.-Abm. (Fig. 3e); die R.-Abm. zuweilen auch kürzer als die T.-Abm.; an der Ba. die jüngsten Tr. mit einem gröszeren Querschn. als die in der Nähe der Spi. Form. Zyl. bis prism.; oft eines sechss. Prismas; geneigte Querw. Verd. W. (besonders die der breiten Tr. an der Ba. des Bl.); W.dicke 4—8  $\mu$ . Verh.; Mittellam. Pektinartig (Ruth.); sek. Sch., besonders die der breiten Tr., stark entwickelt; Zwick. auf den Ecken. Hoft. in vertik. abwechselnden Reihen (Fig. 3f); zwischen zwei Tr. und auch zwischen einer Tr. und einer T.z. bilat.; sonst unilat.; Hoft. in der Fl. oval (Fig. 3f und 3n); Länge P.a. 15  $\mu$ ; Breite 6  $\mu$ ; diese Abm. der i.Ö. beziehungsweise 10 und 14  $\mu$ ; die der ä.Ö. 8  $\mu$  u. 12  $\mu$ . Durch Stärkemehl- und Eiweiszreagentien kein Inh. nachzuweisen.

**Zentrifugales Xylem.** Nur wenig entwickelt. Am meisten an der Ba. des Bl. (Fig. 3e); dort aus etwa 4 Reihen in der R.-Richtung bestehend, jede von 2 Z.; von dem z.p.X. getrennt durch eine Reihe P.z.; an der dors. S. in Berührung mit dem Phl. Bei einem Abstand von 3/4 der Bl. länge von der Spi. an bis auf etwa 3 Z. reduziert (Fig. 3d);

<sup>1)</sup> Diese Abm. hat sich nur von Z. einer bestimmten lassen, die beiden andern Abm. dieser Z. waren 15  $\mu$ .

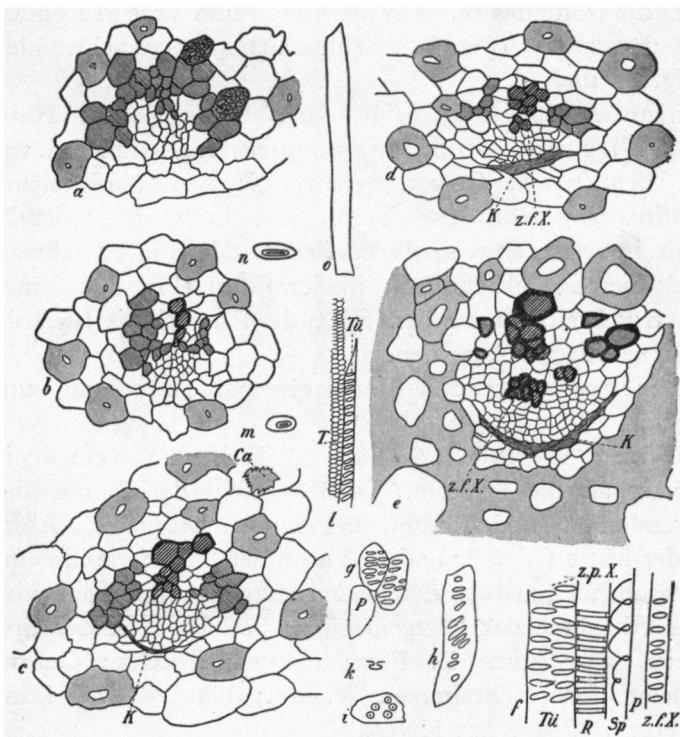


Fig. 3. Querschnitte durch einen Nerv des Blättchens: *a* 2, *b* 4 cm, *c* ± auf der Hälfte der Länge des Blättchens, *d* auf  $\frac{3}{4}$  dieser Länge und *e* bei der Basis; (110×); Ca = Calcium-oxalat-Kristall; übrigens wie in Fig. 1; die verdickten Wände der sclerenchymatischen Zellen in Filmdruck. Fig. 3 *f*: Längsschnitt in der Nähe der Basis des Blättchens (250×); von den Tüpfeln nur die äusserte Peripherie der Pektin-annulus gezeichnet. Fig. 3 *g*, *h*, *i*: Transfusionszellen in der Nähe der Spitze und an der Peripherie des Blättchens (110×). Fig. 3 *k*: Hoftüpfel einer Transfusionszelle. Fig. 3 *l*: Längsschnitt einer Tüpfeltracheide des zentrifugalen Xylems und einer Transfusionszelle (110×). Fig. 3 *m*: Transfusionshoftüpfel (250×). Fig. 3 *n*: Tracheidehoftüpfel (250×). Fig. 3 *o*: Parenchymzelle neben der Xylemzelle von Fig. 3 *l* (110×).

über die Mitte des Bl. auch nur etwa 3 und zwar in Kontakt mit dem z.p.X. (Fig. 3c). Schlieszlich ganz verschwunden (Fig. 3a und b).

Elem. R. 10—16  $\mu$ ; T. 10—16  $\mu$ , L. unbekannt. Tü.tr. (Fig. 3l). Form 4—6 S. Prisma; unregelm., fast nie zyl. wie bei dem z.p.X. Querw. geneigt; W. verd.; Mittellam. pektinenartig (Ruth.); sek. Verdick. ziemlich stark entwickelt. Hoft. in vertik. abwechselnden Reihen; Hoft. in Fl. schmal-oval; ziemlich gleichmäsig in der Form (Fig. 3l); Länge P.a. 8  $\mu$ ; Breite 6  $\mu$ ; bei dem z.f.X. der P.a. nicht tief; deshalb kein netzartiges Aussehen.

Beschreibung des Parenchyms. Anordnung unregelm.

Elem. R. 9—30  $\mu$ ; T. 9—38  $\mu$ ; die T. Abm. also ein wenig grösser als die R.-Abm.; L. 30—240  $\mu$ ; die Z. mit der kürzesten R.- und T.Abm. und mit der längsten L. Abm. in der Mitte (Fig. 3c und 3o); nach der Peripherie hin eine allmähliche Zunahme der beiden erstgenannten Abm. und eine Abnahme der letztgenannten; besonders an der Spi. breite, aber kurze Z. Form unregelm.; eckig; Querw. geneigt, doch nicht immer. W.verh.; dünn;  $\pm$  2  $\mu$ ; keine Interzell. Plasm. mit  $\text{KNO}_3$ .

Beschreibung des Transfusionsgewebes. Lage lat. des Gefäszb. An der Spi. stark entwickelt (Fig. 3a). Nach der Ba. des Bl. hin eine allmähliche Abnahme (Fig. 3b u.s.w.); ungefähr auf halber Bl.länge noch eine ziemlich starke Entwicklung (Fig. 3c); auf  $\frac{3}{4}$  der Bl.länge von der Spi. an eine geringe Abnahme (Fig. 3d); an der Ba. nur aus einigen Z. bestehend (Fig. 3e). T.z. und X.tr. an der Ba. des Bl. und auch ein wenig höher nicht mit einander in Berührung (Fig. 3c, d und e); mehr nach der Spi. hin wohl (Fig. 3b); die Pt. hier sogar mit einander in Kontakt, nämlich ganz in der Nähe der Spi., wo kein z.p.X. mehr vorkommt, Berührung der beiden lat. Flügel des T. (Fig. 3a); auch hier Umbiegung des T. nach der Phl.s. hin. Oft eine

unregelm. Entwicklung dieser beiden lat. Flügel.; T. zuweilen in unmittelbarer Berührung mit der E. (Fig. 3a). Auch oft ein Paar Reihen P.z. zwischen diesen beiden Gew. (Fig. 3b, c, d und e). Bisweilen P.z. zwischen den T.z. (Fig. 3e). Anordnung der T.z., wie bei dem P.z., unregelm.

Elem. R. 8—35  $\mu$ ; T. 8—40  $\mu$ ; L. 30—270  $\mu$ ; die Pt. mit kleiner R.- und T.Abm. und mit der längsten L.Abm., wie bei dem P.; nach der Peripherie hin eine allmähliche Zunahme der beiden erstgenannten Abm. und eine Abnahme der letztgenannten (Fig. 3c, g, h und i). Form unregelm.; auf Querschn. deshalb oft unregelm. Fig. (unregelm. 4-, 5-, 6-Eck; aber auch wohl kreisf. oder oval); Querw. geneigt bis senkrecht. W.dicke 3—5  $\mu$  (die Z. mit der grössten R.- und T.Abm. mit den dicksten W.). W.verh.; Mittellam. pektinenartig (Ruth.); bei den dicksten Z. die sek. Verdick. ziemlich stark entwickelt. Hoft. meistens in vertik. abwechselnden Reihen (Fig. 3l); auf allen W.; einander oder eine Tr. berührend bilat., sonst unilat. Form wenig stabil (Fig. 3k); die Form der Hoft. der T.z. in der Nähe des X., also in der Mitte, am meisten stabil; diese breit-oval in der Fl. (Fig. 3m); P.a. dick; dadurch die W. eine netzartige Zeichnung (Fig. 3l); Länge des P.a.  $\pm$  4  $\mu$ ; Breite  $\pm$  7  $\mu$ ; Länge der i. Ö.  $\pm$  6  $\mu$ , Breite  $\pm$  4  $\mu$ ; Länge der ä. Ö.  $\pm$  4  $\mu$ ; Breite  $\pm$  2  $\mu$ ; die Form der Tü. der T.z., mehr an der Peripherie und besonders an der Spi., am wenigsten stabil (Fig. 3g und h); bisweilen bei derselben Z. schon verschiedene Tü. formen (Fig. 3h); auch zuweilen typische, runde Hoft. (Fig. 3a und i); von diesen letzten Hoft. der P.a. 8  $\mu$ ; die i. Ö. 4  $\mu$ ; die ä. Ö 2  $\mu$ . Plasm. mit KNO<sub>3</sub>.

Vergleichung des Transfusionsgewebes mit dem Parenchym und dem zentripetalen Xylem. Das Xylem ist ziemlich gering entwickelt, das Transfusionsgewebe dagegen stark. Letzteres steht wahrscheinlich in Zusammenhang mit dem ersten. An der Basis, wo das

Transfusionsgewebe reduziert ist, findet man eine Ausdehnung des Xylems. Ebenso wie die Anordnung des Parenchyms ist auch die Anordnung der Zellen des Transfusionsgewebes sehr unregelmäsig, viel unregelmässiger als die des zentripetalen Xylems. Auch in Form und Abmessung sind die Transfusionszellen denen des Parenchyms am meisten ähnlich; sie sind eckig, unregelmäsig; schon die Primanen ein wenig; die Querwände sind oft senkrecht. Die Wanddicke des Transfusionsgewebes hält die Mitte zwischen der des Xylems und des Parenchyms. Das Parenchym hat keine Tüpfel; das Transfusionsgewebe dagegen besitzt, wie das Xylem, Hoftüpfel. Von denen des Xylems unterscheiden sie sich durch ihren dickeren Pektin-annulus und ihre viel weniger stabile Form; sie sind oft auch mehr rund als die des Xylems. Betreffs des Inhalts stimmt das Transfusionsgewebe ungefähr mit dem Parenchym überein.

**§ 3. Ceratozamia mexicana Brongn.** Wie bei *Encephalartos horridus* haben die Blättchen von *Ceratozamia mexicana* parallele Nerven. Das Gefäszbündel ist nicht geschlossen; collateral. Die anatomische Übereinstimmung von *Encephalartos* mit *Ceratozamia* ist grosz. Auch bei *Ceratozamia* findet man bei jedem Bündel eine Endodermis mit manchen verdickten Zellen (Sie sind jedoch weniger verdickt als die von *Encephalartos*). Das zentripetale Xylem ist gleichfalls weniger stark entwickelt als bei *Cycas*. Das centrifugale Xylem ist an der Basis des Blättchens ziemlich entwickelt. Auch das Transfusionsgewebe zeigt eine starke Entwicklung. Es gibt kein accessorisches Transfusionsgewebe (wohl findet man lateral, ausserhalb des Pericykels Zellen mit verdickten Wänden, doch ohne Tüpfel).

Beschreibung des zentripetalen Xylems. In einer Entfernung von 1—2 cm v. d. Spi. nicht mehr

gefunden (Fig. 4a und b)<sup>1)</sup>; etwa 3 cm von der Spi. entfernt aus einem Paar Reihen von Z. zusammengesetzt (Fig. 4c); von halber Bl. länge an aus etwa 3 Z.-reihen bestehend (Fig. 4d); an der Ba. die grösste Entwicklung (Fig. 4f).

Elem. Älteste Elem. aus R- und Sp.-, die jüngsten aus Tü. tr. R. 5—40  $\mu$ ; T. 5—40  $\mu$ ; L. unbekannt. Form zyl. bis prism.; oft unregelm., bisweilen ein regelm. sechss. Prisma; Querw. geneigt. W. verd. und verh.; Dicke  $\pm$  5  $\mu$ ; die ältesten am meisten dünnwandig; Mittellam. aus Pektin (Ruth.); sek. Sch. bei den dickwandigen gut entwickelt; Zwick. auf den Ecken. Hoft. in vertik. abwechselnden Reihen; ziemlich grosz in Fl. länglich; Porus spaltförmig (Fig. 4i); P.a. platt; Länge des P.a.  $\pm$  20  $\mu$ ; Breite  $\pm$  10  $\mu$ ; die i. Ö.  $\pm$  8  $\mu$  lang;  $\pm$  4  $\mu$  breit; die ä. Ö.  $\pm$  6  $\mu$  lang,  $\pm$  2  $\mu$  breit; dem P. angrenzend unilat., sonst bilat., die Längsachse etwas schräg auf der Längsw. der T.z.

Beschreibung des Parenchyms. Lage besonders lat. des Gefäszb.,

Elem.: R. 5—50  $\mu$ ; T. 5—50  $\mu$ ; L. 90—180 (Beispiel einer Z. in der Mitte: R. und T. beide 25  $\mu$ ; L. 180  $\mu$ ; einer Z. in der Nähe der E.: R. und T. 50  $\mu$ ; L. 90  $\mu$ ). In der Nähe der E. die Z. also mit der längsten R.- und T.-Abm., aber auch mit der kürzesten L. Abm. Form unregelm.; vier- bis sechss. Prisma; die S. jedoch sehr ungleich; Querw. oft etwas geneigt. W. verh., aber dünn;  $\pm$  2  $\mu$ ; keine Interzell. Keine Tü. Inh. protopl. (mit KNO<sub>3</sub> Plasm.).

Beschreibung des Transfusionsgewebes. Lage lat. des Gefäszb. Etwa 1 cm von der Spi. entfernt starke Entwicklung. (Fig. 4a); dort kein X. und Phl.; das T. bildet eine geschlossene Gesamtheit. Bei 2 cm noch stärkere Ausbildung des T.; Umbiegung nach der Phl.s. hin (Fig. 4b). Zwischen den T.z. einige isolierte P.z.;

<sup>1)</sup> Etwa 2 cm von der Spi. findet man noch Phl. (Fig. 4b); bei 1 cm nur isodiametrische Z mit verdickten W.

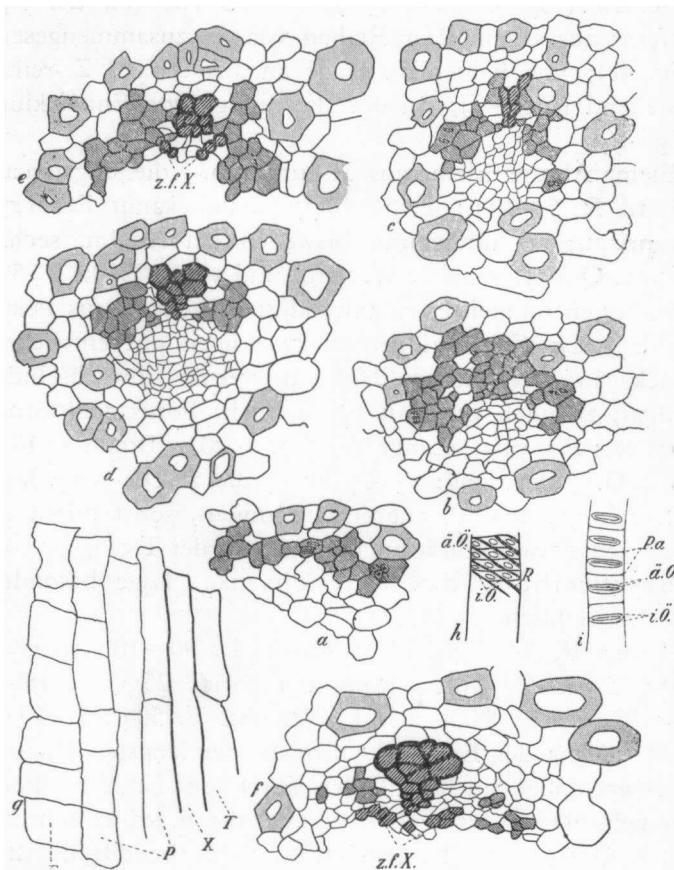


Fig. 4 a—f: Querschnitte durch einen Nerv des Blättchens; Arzierung wie bei Fig. 1; a 1, b 2, c 3 cm unterhalb der Spitze, d auf  $\frac{1}{2}$  der Länge des Blättchens, e auf  $\frac{3}{4}$  dieser Länge, f 1 cm erweitert von der Basis des Blättchens (110  $\times$ ). Fig. 4 g: Längsschnitt (250  $\times$ ). Fig. 4 h: Transfusionszelle (250  $\times$ ). Fig. 4 i: Längsschnitt einer Tüpfeltracheide. Die verdickten Wände der sclerenchymatischen Zellen in Filmdruck.

bei 3 cm das T. durch das X. in zwei Flügel getrennt; die Entwicklung des T. jedoch nur etwas geringer (Fig. 4c). Auch noch Umbiegung nach der Ph.l.s. hin. Die P.x. und die P.t. einander berührend. Bei  $\frac{3}{4}$  der Bl. Länge von der Spi. entfernt die Entwicklung des T. mindestens genau so grosz; an einigen Stellen in unmittelbarer Berührung mit dem z.p.X.; an andern P. dazwischen (Fig. 4e). An der Ba. des Bl. die Entwicklung des T. viel geringer (Fig. 4f); dort keine unmittelbare Berührung mehr mit dem z.p. X. Die Z. oft auch isoliert. Anordnung der T.z. wie die des P.; sehr unregelm.

Elem.: R. 8—40  $\mu$ ; T. 8—40  $\mu$ ; L. 80—200  $\mu$  (z. B. 30  $\mu$  lang und breit und 40  $\mu$  hoch; 40  $\mu$  lang und breit und 80  $\mu$  hoch). Die Pt. kleine R.- und T.-Abm.; die L.-Abm. hingegen länger; nach der Peripherie hin eine allmähliche Zunahme der beiden erstgenannten Abm. und eine Abnahme der jetztgenannten; besonders von den Z. mit groszem Querschn., die T.-Abm. gewöhnlich etwas gröszer als die R.-Abm. Von dieser letzten die Formen am meisten unregelm.; also am meisten parenchymatisch; Querw. horizont. bis schräg (Fig. 4g). W. dicke  $\pm$  3  $\mu$ . Verh.; Mittellam. pektinartig; Verdick.sch.; Hoft. in vertik. abwechselnden Reihen; kleiner als die des z.p. X. (zuweilen wohl etwa 5 Reihen wahrgenommen, z.B. bei Z. von 30  $\mu$  Länge und Breite und 100  $\mu$  Höhe); dicker, doch schmäler P.a. (viel dicker als derjenige des z.p. X.); dadurch die W. wie mit Netzfas. verdickt. (Fig. 4h). Form in der Fl. breitlänglich bis rund; Länge des P.a. 13  $\mu$ ; Breite 7½  $\mu$ ; Länge der i. Ö. 10  $\mu$ ; Breite 4½  $\mu$ ; Länge der ä. Ö. 6  $\mu$ ; Breite 3  $\mu$ ; an der Peripherie und besonders an der Spi. die Z. mit am wenigsten stabilen Tü. bildung. Inh. protopl.

Betreffs der Vergleichung des Transfusionsgewebes mit dem zentripetalen Xylem und dem Parenchym möge auf die von *Encephalartos horridus* verwiesen werden.

---

### KAPITEL III.

#### DAS TRANSFUSIONSGEWEBE BEI DER ORDNUNG DER GINKGOINAE.

§ 1. *Ginkgo biloba*. Die Blätter von *Ginkgo* besitzen viele parallele Nerven. Auf ihrem Wege nach der Spitze hin verzweigen sie sich ein paarmal in gleiche Teile. Über jedem einzelnen Nerven sind Wölbungen. Rings um jeden Nerv befindet sich eine Endodermis. Von der Endodermis sind einige Zellen verholzt und besitzen dann stark verdickte Wände. Diese kommen an der ventralen Seite des Blattes am meisten vor; an der lateralen Seite am wenigsten. Die anderen Zellen haben dünnerne Wände. Das Gefäßbündel ist nicht geschlossen und collateral. Es gibt kein zentripetales Xylem, nur centrifugales. Es gibt nur wenig zentrales Transfusionsgewebe und kein accessorisches.

Beschreibung des Xylems. Das X. in unmittelbarer Berührung mit dem Phl. (Fig. 5a); lat. in Kontakt mit dem T.; an der ventr. S. durch 1—2 Reihen von P.z. begrenzt. Die Tr. in rad. Reihen; diese manchmal nicht regelm.; etwa sechs Reihen<sup>1)</sup>; die mittelste aus etwa fünf Z. bestehend; die lat. Reihen meistens aus weniger; bisweilen nur aus etwa zwei; die Reihen zuweilen durch P. von einander getrennt, welches 1—2 Reihen breit.

Elem.: Die ältesten aus R.- und Sp.tr.; die jüngsten aus Tü.tr.; R. 8—15  $\mu$ ; T. 8—15  $\mu$ ; L. nicht bestimmt (diese schwer zu messen). Form ungefähr zyl. mit etwas geneigten Querw. (im Querschn. bisweilen ein wenig eckig und auch mit einer kleineren R- als T. Abm.). W. verd. und verh.; ungefähr 4  $\mu$  dick; Mittellam. aus Pekt. (Ruth.); sek. Sch. ziemlich schwach entwickelt; Zwick. auf den Ecken. Zwischen den Tr. bilat. Hoft.; keine Hoft. bei denen mit R.- und Sp.-verdickt.; zwischen den Tr. und dem P. wahrscheinlich unilat.; durch die

<sup>1)</sup> Die Schn. sind aus dem mittelsten Teile des Bl. gemacht.

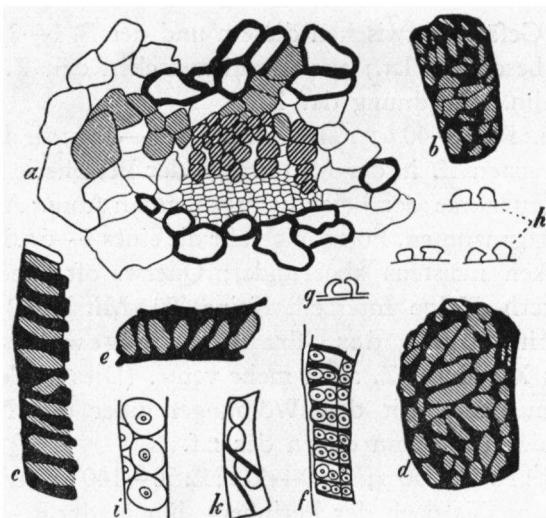


Fig. 5 a: Querschnitt durch einen Nerv des Blattes ( $165 \times$ ); Arzierung wie bei Fig. 1. Fig. b: ( $270 \times$ ) und d ( $375 \times$ ) Längsschnitte einer Transfusionszelle mit Netzfaserverdickungen; diese sind schwarz gezeichnet. Fig. c: ( $270 \times$ ) Längsschnitt einer Transfusionszelle mit spiralförmigen Verdickungen. Fig. e: ( $375 \times$ ) Transfusionszelle mit ringförmigen Verdickungen. Fig. f: ( $375 \times$ ) Teil einer schmalen und langen Transfusionszelle mit ringförmigen Verdickungen, dazwischen Hoftüpfel, jedesmal 2. Fig. g: Hoftüpfel einer Tracheide. Fig. h Tüpfel einer breiten und kurzen Transfusionszelle (schematisiert). Fig. 5 i ( $375 \times$ ) Längsschnitt; Teil einer Tracheide mit Tüpfeln. Fig. k ( $375 \times$ ) Längsschnitt; Teil einer kurzen und breiten Transfusionszelle mit Netzfaser-verdickungen; zwischen diesen jedesmal zwei Tüpfel.

Berührung der Tü. ihre Form nicht beeinfluszt; in vertik. abwechselnden Reihen (Fig. 5i); runde Form in Fl.; Abm. in der Fl.: P.a.  $\pm 12 \mu$ ; i. Ö.  $\pm 6 \mu$ ; ä. Ö.  $\pm 2 \mu$ ; kein To. wahrgenommen (Fig. 5g). Kein Stärkemehl oder Eiweisz.

**Beschreibung des Parenchyms.** An der ventr.

S. des Gefäszb.; zwischen diesem und der E. 1—2 Reihen; weiter besonders lat.; auch wohl zwischen den Z. des T. Unregelm. Anordnung der Z.

Elem.: R. 10—40  $\mu$ ; T. 10—40  $\mu$ ; L. 60—80  $\mu$ ; die dünnsten und längsten Z. in der Mitte; nach der Peripherie hin eine starke Zunahme der beiden erstgenannten Abm.; Abnahme der letztgenannten. Form ungefähr die eines 4—6 s. Prismas; die Ecken meistens abgerundet; Querw. oft geneigt. W. nicht verh. Keine Tü. Mit  $\text{KNO}_3$  Plasm.

Beschreibung des Transfusionsgewebes. Lage lat. des X.; einige Z. auch mehr ventr. (Dies vielleicht im Zusammenhang mit den Wölbungen über den Nerven). Pt. in der Nähe von denen des z.f. X.

Elem.: R. 10—50  $\mu$ ; T. 10—40  $\mu$ ; L. 50—140  $\mu$ ; die T.z. von den Pt. an bis nach der Peripherie hin in der R.- und T.-Abm. stark zunehmend, in der L.-Abm. abnehmend. Form unregelm.; im Querschn. 4—6 eckig; die Ecken meistens ein wenig abgerundet; die Pt. durch ihre eckige Form im Querschn. oft von den Px. zu unterscheiden. Querw. meistens ein wenig geneigt. W. verh. und verd.; ungefähr 4  $\mu$  dick; mit sek. Verdick.; Sp., R.- und Netzfaz. verdickt; die langen und dünnen mit R. oder Sp.; die kurzen und dicken mit netzf. Zeichnung (Fig. 5b, c, d und e).

Tü.: a) Kleine, runde Hoft. auf den W. der langen und dünnen T.z.; nicht abwechselnd (Fig. 4f), doch in vertik. Reihen neben einander liegend; Lage zwischen den Ringen zu zweien; auch jedes Paar durch eine vertik. Verdick. des benachbarten, in derselben horizont. Reihe liegenden Paares, getrennt<sup>1)</sup>; von diesen kleinen, runden Hoft. der P.a. nur 2—3  $\mu$ . b) Tü auf den W. der kurzen und dicken Z. Lage auch zu zweien zwischen den Maschen der netzf. Verdick. (Fig. 5k); Form in Fl. kreisf. bis

<sup>1)</sup> Diese vertik. Verdick. weniger hervortretend als die Ringe; bei schwacher Vergrößerung diese letzten deutlich wahrnehmbar; die anderen kaum.

breit-oval; diese Form bisweilen beeinflusst durch die Verdick., welche die beiden Tü. zugleich begrenzen; P.a. schmal; 4—6  $\mu$ ; Ö. im Verhältnis zu dem Hof ziemlich breit; die ä. Ö. wenig kleiner als die i. Ö.; also der Tü. weniger typisch, einen Übergang bildend nach den einfachen Tü. (Fig. 5h). Inh.?

Vergleichung des Transfusionsgewebes mit dem Xylem und dem Parenchym. Das zentrifugale Xylem ist gut entwickelt, das Transfusions-gewebe nur wenig. Vielleicht besteht ein Zusammenhang zwischen der erstgenannten Erscheinung und der zweiten. Auch hat das Blatt viele parallele Nerven. Dadurch wahrscheinlich die geringe laterale Ausdehnung des Transfusionsgewebes. Die Primanen des Xylems und des Transfusionsgewebes berühren einanders In Form und Abmessung sind die Transfusionszellen am meisten denen des Parenchyms ähnlich; sie sind eckig; unregelmäsig, schon die Primanen ein wenig; die Querwände sind mehr oder weniger geneigt; dies kommt jedoch auch vor bei den Parenchymzellen. Die Wanddicke der Transfusionszellen hält die Mitte zwischen der Wanddicke der Xylemtracheiden und der Parenchymzellen. Die Wände der Xylemtracheiden und der Transfusionszellen sind verholzt, die des Parenchyms nicht, die der Transfusionszellen jedoch weniger als die der Xylemtracheiden. In der Tüpfelung unterscheidet sich das Transfusionsgewebe von dem Parenchym durch den Besitz von Hoftüpfeln; das Parenchym hat keine Tüpfel. Hinsichtlich des Xylems besteht ein Unterschied, weil in den Transfusionszellen weniger typische Hoftüpfel vorkommen. Die Form und Grösze ist auch weniger stabil. Das Transfusionsgewebe hat auf der Innenwand Ring-, Spiral- und Netzfaserverdickungen. Die ältesten Tracheiden haben dies auch; aber die Tüpfel fehlen. Vielleicht stimmt das Transfusionsgewebe betreffs des Inhalts ungefähr mit dem Parenchym überein.

## KAPITEL IV.

## DAS TRANSFUSIONSGEWEBE BEI DEN CONIFERAEE.

§ 1. *Saxegothaea conspicua* Lindl. Die Blätter sind ungefähr  $1\frac{1}{2}$  bis 2 cm lang und  $\pm 2\frac{1}{2}$  mm breit (die grösste Abmessung in der Breite); diese Breite ist über einen groszen Teil des Blattes gleich. Es gibt nur einen Hauptnerv und keine Seitennerven. Die Endodermis ist schwer zu erkennen; sie hat keine verdickten und verholzten Wände. Das Gefäsbündel ist collateral und nicht geschlossen. Das Xylem ist zentrifugal; es gibt kein zentripetales Xylem. Das zentrale Transfusionsgewebe ist gut entwickelt (Fig. 6a). Es gibt kein accessorisches Transfusionsgewebe.

Beschreibung des Xylems. Je näher an der Spi., desto weniger X.; 3 mm von der Spi. entfernt aus etwa 9 Reihen bestehend (Fig. 6b); ganz in der Nähe der Spi. schon X., jedoch viel weniger entwickelt als mehr nach der Bl.ba. hin. Das X. in ziemlich regelm. Reihen; die mittelsten Reihen mit der grössten Zahl von Elem. (etwa 3); die äuszerste oft nur aus einem bestehend. Oft zwischen einigen Reihen P., besonders zwischen den mittelsten Reihen.

5 mm von der Spi. entfernt etwa 10 X-reihen mit bisweilen etwa 5 Elem. (Fig. 6c).

In einer Entfernung von 13 mm eine starke Ausdehnung des X.; wohl bis etwa 13 Reihen, mit oft etwa 8 Elem.; auch Zunahme der Zahl von Parenchymreihen (Fig. 6d). Das Phl. auch mehr entwickelt.

An der Ba. des Bl. etwa 15 Reihen mit etwa 5 Elem. (Fig. 6e). Also besonders zwischen 5 und 13 mm eine starke Zunahme des X.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Die Fig. 6b—6e sind Abbildungen von Schn. eines Bl. von 18 mm Länge und 2,5 mm Breite.

Elem.: Die ältesten aus R.- und Sp.-, die jüngsten aus Tü.ti. R. 5—10  $\mu$ ; T. 6—10  $\mu$ ; L. 130  $\mu$ ; die an das Phl. angrenzenden Z., also die jüngsten Elem., oft mit einem kleineren Querschn.; diese Z. oft mit einer gröszeren T.- als R.-Abm. Form zyl.; Querw. geneigt. Verd. W.; die Px. mit den dünnsten W.; W. dicke  $\pm$  4  $\mu$ . Verh. (Phlor.); Mittellam. aus Pekt. (Ruth.); sek. Verdick. bei den breiten Tr. gut entwickelt; bei diesen Zwick. auf den Ecken. In der W. der Tü.tr.: Hoft.; in vertik. abwechselnden Reihen; Form ungefähr rund; wenig Unterschied in der Grösze der Tü.; P.a. gut entwickelt; dieser ungefähr 5  $\mu$ ; i. Ö.  $\pm$  2  $\mu$ ; ä. Ö.  $\pm$  1  $\mu$ ; kein Stärkemehl- und Eiweiszinhalt.

Beschreibung des Parenchyms. An der ventr. S. des X. viel P. Nach der Bl.ba. hin immer mehr P., die Stelle des zugleich abnehmenden T. einnehmend. Dann auch P. zwischen isolierten T.z. Unregelm. Anordnung der Z. Oft Z. mit einem kleineren Querschn. zwischen den Z. mit einem gröszeren Querschn. (Fig. 6a).

Elem.: R.- und T.-Abm. 10—50  $\mu$ ; L.-Abm. 20—100  $\mu$ . Form unregelm.; bisweilen ungefähr zyl.; Querw. bisweilen senkrecht, bisweilen geneigt; dünnw.; W. dicke etwa 2  $\mu$ ; nicht verh.; keine Interzell. Keine Tü. Inh.: Eiweiszartig und Stärkemehl enthaltend (K. J.). Plasm. nachweisbar mit  $\text{KNO}_3$ .

Beschreibung des Transfusionsgewebes. Lage lat. des Gefäszb. An der Spi. des Bl. stark entwickelt; an der Ba. schwach; mit einem allmählichen Übergang von dem einen Zustand zum andern, zuletzt beinahe verschwunden (Fig. 6b, c, d und e). Sogar weit unter der Mitte des Bl. viel T. (Fig. 6d). An der Ba. eine starke Reduktion; doch nicht ganz fehlend (Fig. 6e). Oft eine ungleiche Entwicklung des T. an den beiden lat. S. (Fig. 6d rechts und links). An der Spi. des Bl. eine schwache Umbiegung des T. nach der ventr. S. hin (Fig. 6a, b

und c); weiter nach der Ba. hin ist diese Erscheinung nicht mehr wahrnehmbar. Die Pt. in unmittelbarer Berührung

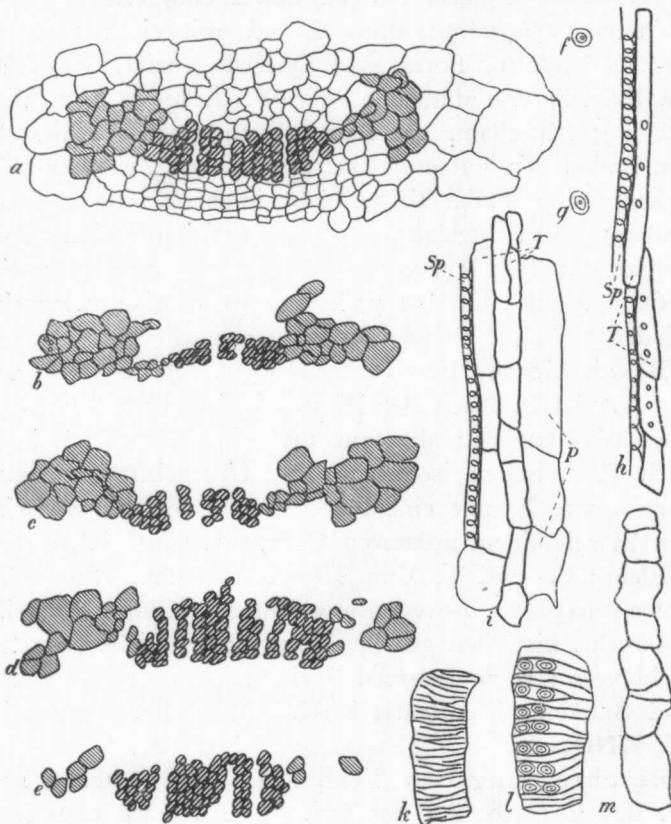


Fig. 6 a—e: Querschnitte durch den Hauptnerv des Blattes: a auf  $\frac{1}{2}$  der Länge des Blattes, b 3 mm, c 5 mm, d 13 mm von der Spitze, e an der Basis des Blattes (165 $\times$ ). Arzierung wie in Fig. 1. Fig. f und g: Tüpfel der Transfusionszellen (375 $\times$ ). Fig. h—l Längsschnitte; h und i (165 $\times$ ); k und l (375 $\times$ ); m (165 $\times$ ). Erklärung im Text.

mit den Px.; diese Verbindung bisweilen nur aus einer Z. bestehend (Fig. 6a rechts). Weiter nach der Ba. hin

kein Kontakt zwischen beiden Gew. Dort auch kein geschlossenes T., doch P. zwischen den T.z. (Fig. 6d und e).

Die Pt. mit dem kleinsten Querschn. Die ganz an der Peripherie liegenden mit dem grössten Querschn.; im übrigen unregelm. Anordnung der Z.; oft engere Elem. zwischen breiteren.

Elem.: R.- und T.-Abm. 6—40  $\mu$ ; L. 20—100  $\mu$ ; die breitesten Elem. die kürzesten; die an das X. grenzenden die engsten, aber auch die längsten (Fig. 6h); je weiter von dem X. entfernt, desto breiter und kürzer (Fig. 6i und m); auch hier wenig Stabilität. Bei gleich breiten Z. bisweilen groszer Unterschied in der Länge (Fig. 6m). Form sehr unregelm.; die Pt. ungefähr zyl., oft mit geneigten Querw. (Fig. 6h); die breiteren am meisten unregelm.; parenchymatische Form; bei diesen die Querw. meistens nicht geneigt (Fig. 6m), W. verh. (Phlor.), jedoch viel weniger als die der Tr., wegen der schwächeren Färbung mit genannter Holzreaktion. Mittellam. aus Pekt. (Ruth.). W. wenig dicker als die der benachbarten P.z.; dünnwandiger als die des X.; Verd. sch. schwach entwickelt; W. dicke 3  $\mu$ . Keine Interzell. Zwick. auf den Ecken. Hoft. in allen W. Form rund und stabil. Nicht unmittelbar aneinander grenzend; in vertik. Reihen (Fig. 6l); zwischen den T.z. gegenseitig bilat.; zwischen einer T- und einer P.z. unilat.; geringer Unterschied in der Grösze der Hoft.; Abm. klein; P.a. schmal (Fig. 6f und g); schmäler als bei den Hoft., den Tr.; breite Ö. (im Verhältnis zur Grösze der Tü.); P.a. 4  $\mu$ ; i. Ö. 2  $\mu$ ; ä. Ö. 1  $\mu$ ; kein To. wahrgenommen. Die W. der breiteren Z. mit Sp. verdick. (Fig. 6k und l); zwischen den Sp. oft die Tü. (Fig. 6l).<sup>1)</sup> Inh.: Eiweisz-enthaltend; Plasm. nachweisbar mit  $\text{KNO}_3$ ; Stärkemehl mit K. J. in den T.z. nachweisbar.

---

<sup>1)</sup> Diese sind nur in der Fig. 6l gezeichnet, in den Fig. i und m nicht.

**Vergleichung des Transfusionsgewebes mit dem Xylem und dem Parenchym.** Das zentrale Transfusionsgewebe ist gut entwickelt; es gibt nämlich nur einen Hauptnerv, während das accessorische Transfusionsgewebe fehlt. Das Xylem ist auch gut entwickelt, besonders an der Basis, wo das Transfusionsgewebe reduziert ist.

In Bezug auf die Form und die Abmessungen sind die Transfusionszellen am meisten denen des Parenchyms ähnlich; sie sind eckig, unregelmässig, sogar die Primanen ein wenig; bei den breiteren Zellen tritt diese Erscheinung am stärksten hervor; auch die Querwände stehen oft senkrecht, besonders bei den breiteren Zellen; die Transfusionszellen sind ungefähr genau so lang wie die des Parenchyms und nur wenig dünner. Zwischen den Abmessungen der Zellen besteht auch ein groszer Unterschied, sowohl bei den Transfusions- als bei den Parenchymzellen; beide haben sehr kurze und breite Zellen, aber auch lange und schmale. Die Abmessungen der Tracheiden sind verhältnismässig wenig verschieden.

Die Anordnung der Tracheiden des Xylems ist regelmässig; die der Transfusionszellen hingegen willkürlich, wie bei dem Parenchym.

Ob das Transfusionsgewebe, wie das Xylem, Primanen besitzt, ist fraglich; denn die Zellen des Parenchyms sind im Zentrum auch am längsten und am dünnsten (Siehe Kapitel V S. 378). Die Wanddicke des Transfusionsgewebes häst die Mitte zwischen der Wanddicke des Xylems und des Parenchyms; die Verholzung ist schwächer als die des Xylems; das Parenchym ist nicht verholzt. Das Parenchym hat keine Tüpfel; das Transfusionsgewebe besitzt, wie das Xylem, Hoftüpfel. Die Hoftüpfel des Transfusionsgewebes sind von denen des Xylems verschieden, weil sie einen weniger hervorragenden Pektinannulus enthalten; ihre Öffnungen sind grösser; sie sind also weniger typisch. Auch sind die Tüpfel etwas kleiner.

Bei dem Transfusionsgewebe sind die Tüpfel zwischen den Spizalen; bei dem Xylem in den Spiraltracheiden keine Tüpfel. Hinsichtlich des Inhalts stimmt das Transfusionsgewebe ungefähr mit dem Parenchym überein.

**§ 2. Juniperus drupacea Labill.** Das Blatt ist etwa 18 mm lang und an der breitesten Stelle  $\pm 2\frac{1}{2}$  mm breit. Das Blatt ist sehr spitz; die grösste Breite liegt unter der Mitte; es hat nur einen Hauptnerv; es gibt keine Seitennerven. Die Endodermis besteht aus unverdickten und unverholzten Zellen und ist schwer zu erkennen. Das Gefäsbündel ist nicht geschlossen, collateral. Das Xylem ist zentrifugal. Das zentrale Transfusionsgewebe ist stark entwickelt. Es gibt kein accessorisches Transfusionsgewebe.

**B e s c h r e i b u n g des Xylems.** Je näher an der Spi. desto weniger X.; 3 mm von der Spi. entfernt schon gut entwickelt (ebenso das Phl.; Fig. 7a); dort schon etwa 18 X.-Reihen; bei 5 mm noch ungefähr dasselbe Verhalten (Fig. 7b); bei 10 mm die Zahl der X.-reihen bis etwa 30 zugenommen (hier ungefähr die grösste Breite des Bl.; Fig. 7c);<sup>1)</sup> bei 15 mm etwa 35 Z.-reihen; hier die Breite des Bl. nur wenig abgenommen (Fig. 7d); die Zahl an der Bl.ba. bis auf etwa 23 reduziert (hier die Breite des Bl. etwas geringer; Fig. 7e). Die X.-reihen meistens regelm.; darum gut zu unterscheiden; die mittelsten Reihen mit der grössten Zahl von Elem.; die äuszersten zuweilen nur aus einem Elem. bestehend (Fig. 7c und d). Die Zahl der Elem. der mittelsten X.-reihen bei verschiedenen Entfernung von der Spi. auch ungleich; 3 bis 5 mm von der Spi. diese Zahl etwa 4 (Fig. 7a und b); 10 bis 15 mm etwa 5 (Fig. 7c); hier also eine Zunahme; an der Bl.ba. etwa 6. Das X. also mit einer starken lat. Ausdehnung. Keine Parenchymzellen zwischen den X.-reihen. X. und Phl. einander berührende.

---

<sup>1)</sup> Das X ist in den Fig. 7 c, d und e nur teilweise gezeichnet.

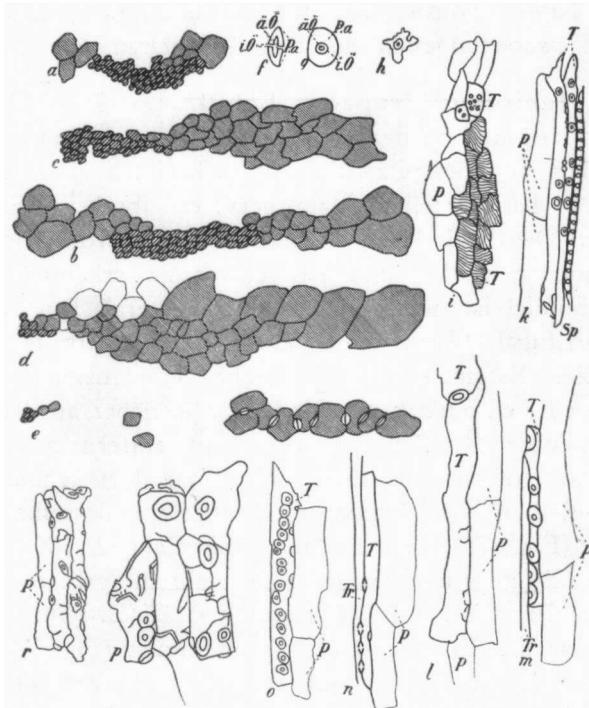


Fig. 7 a—e: Querschnitte durch den Hauptnerv des Blattes: a 3 mm, b 5 mm, c 10 mm, d 15 mm unterhalb der Spitze und e an der Basis (110×). Arzierung wie bei Fig. 1. Fig. 7 f und g: Hoftüpfel einer Transfusionszelle (250×). Fig. 7 h: Hoftüpfel einer Transfusionszelle mit Ansätzen (180×). Fig. 7 i: Transfusionszellen mit dünnen, regelmäszigen Verdickungen; auch eine Zelle mit kleinen, runden Hoftüpfeln und ohne Verdickungen (180×). Fig. 7 k—r Längsschnitte; k (120×); l, m, n, o und p (180×) und r (120×). Erklärung im Text.

Elem.: Die ältesten aus R.- und Sp.-, die jüngsten aus Tü.tr. Die R.- und T.-Abm. der Tr. in der Nähe der Spi. des Bl. kleiner als der weiter von der Spi. entfernten (Fig. 7a, b, u.s.w.); im allgemeinen zwischen den Elem. derselben Reihe nur wenig Unterschied im Querschn.; die jüngsten Z. mit kleinerer R.- und T.-Abm.; auch bei den Px. dies der Fall; den Px. folgende Z. mit dem grössten Querschn.; R. 6—10  $\mu$ ; T. 6—10  $\mu$ ; L. unbekannt. Form zyl.; oft mit etwa kleinerer R.- als T.-Abm.; dieser Unterschied aber ganz gering; Querw. geneigt. Verd. W.; die Px. mit den dünnsten W.; auch die jüngsten Z. dünnwandiger; diese cambiumartig, nämlich als noch nicht ganz ausgewachsene Z. (das Bl. nicht abfallend); diese Erscheinung besonders wahrnehmbar bei Querschn.  $\pm$  10 mm unterhalb der Spi. des Bl.; W.dicke der Tr. etwa 4  $\mu$ . Verh. (Phlor.; An.- und Safr.); die W. der obengenannten cambiumartigen Tr. nicht oder nur gering verh.<sup>1)</sup>; Mittellam. aus Pektin (Ruth.); sek. Verd. nicht stark entwickelt (ziemlich dünnw. Tr.). Keine Interzell.; Zwick. auf den Ecken. In den W. der Tü.tr. Hoft.; Form ungefähr rund; bisweilen etwas oval; die Form und die Grösze der Tü. wenig verschieden; P.a. dünn; der Hof klein; P.a.  $\pm$  3  $\mu$ ; i. Ö.  $\pm$  2  $\mu$ ; ä. Ö  $\pm$  1  $\mu$ ; die Tü. in vertik. Reihen; ihre gegenseitige Form nicht beeinfluszend. Die Tr. ohne Stärkemehl oder Eiweisz.-inh.

Beschreibung des Parenchys. An der Spi. und an der Ba. des Bl. verhältnismäsig das meiste P., hier infolge der geringeren Entwicklung des T. An der Bl.ba. die P.z. zwischen den T.z.; diese Erscheinung nicht an der Spi. Unregelm. Anordnung der Z.; mit kleinerem Querschn. oft zwischen denen mit einem gröszeren.

Elem.: R. 20—40  $\mu$ ; T. 20—80 r; L. 30—110  $\mu$ ; je

---

<sup>1)</sup> Diese unverh. cambiumartigen Tr. bei den mittelsten X-reihen eines Querschn.; mehr lat. nicht mehr vorkommend.

weiter nach der Peripherie hin, desto gröszer R.- und T.-Abm.; mehr im Zentrum beide Abm. ungefähr gleich; mehr nach der Peripherie hin die T.-Abm. am grössten; im allgemeinen die dünnesten Z. mit der grössten L.-Abm.; je dicker desto kürzer. Form eckig und zwar zyl. bis unregelm. prism.; Querw. geneigt bis senkrecht; dünnw.;  $\pm 2 \mu$ ; unverh. Keine Zwick. auf den Ecken, aber Interzell. Keine Tü.; Inh. protopl.; wandständiges Protopl. ( $\text{KNO}_3$ ).

**Beschreibung des Transfusionsgewebes.** An der Spi. des Bl., nämlich 3 mm von ihr entfernt, nur ganz gering entwickelt; nur aus etwa 3 bis 6 Z. bestehend (Fig. 7a); auf 5 mm Entfernung schon eine ziemlich starke Entwicklung (Fig. 7b); auf 10 mm Entfernung eine viel stärkere Entwicklung (Fig. 7c); auf 15 mm die Entwicklung noch zugenommen (Fig. 7d); an der Ba. des Bl. auch noch ziemlich gut entwickelt (Fig. 7e). Also 15 mm von der Spi. entfernt oder 3 mm von der Ba. entfernt die grösste Entwicklung. Keine Umbiegung des T. nach der X.- oder Phl.s. hin; vielleicht ganz in der Nähe der Spi. etwas nach der X.s. hin (Fig. 7a). Je weiter von der Spi. desto gröszer lat. Ausdehnung des T. bis in die Nähe der Ba. Oft ungleiche Entwicklung der beiden lat. S. Die Zahl der Reihen in der R.-Richtung auf 3 mm 1—2 (Fig. 7a); auf 5 mm maximal etwa 2 (Fig. 7b); auf 10 mm etwa 3 (Fig. 7c); auf 15 mm etwa 4 (Fig. 7d); an der Ba. nur 1 (Fig. 7e). Die Pt. meistens in unmittelbarer Berührung mit denen des X. (Fig. 7a, b, c, d und e). Die Pt. an der ventr. S. des X.; diese Erscheinung besonders bei den T.z. mehr an der Spi. des Bl. (Fig. 7a und b). Das T. auch meistens in Berührung mit den jüngsten Z. des X. (Fig. 7b, m und n). Weiter auch in Berührung mit dem Phl. Keine regelm. Anordnung der Z. in Reihen wie bei dem X. Zwischen den T.z. kein P., ausgenommen in der Richtung nach der Bl.ba. hin, wo bisweilen isolierte

T.z. (Fig. 7e); auch keine einzige T.z. in Berührung mit dem X.

Elem.: R.- und T.-Abm. 10—40  $\mu$ ; L. 40—120; die Pt. am dünnsten und am längsten; nach der Peripherie hin im allgemeinen an Kürze und Dicke zunehmend; auch wohl dickere und kürzere zwischen dünneren und längeren (Fig. 7d); auch an der ventr. S. zuweilen breite und kurze Z. (Fig. 7d); also die mit der kürzesten R.- und T.-Abm. im allgemeinen mit der längsten L.-Abm. Form unregelm., eckig, ungefähr zyl. (die Pt. und die dünnen Z.); bis etwa prism. (die breiteren Z.); Querw. geneigt, doch nicht immer, selbst bei den dünnen Z. nicht (Fig. 7m und o). W. verh. (Phlor.), doch nicht stark (weniger als beim X.), nach der weniger intensiven Färbung mit genannter Reaktion zu urteilen; Mittellam. aus Pekt. (Ruth.). W. etwas dicker als die des benachbarten P.; dünnwandiger als die Elem. des X.; W.dicke  $\pm 3 \mu$ . Keine interzell.; Zwick. auf den Ecken. Verdick.sch. an der Innens. der W. (Fig. 7l, p und r); diese nur wenig entwickelt; oft sehr unregelm.; diese bei den Pt. nicht wahrgenommen (Fig. 7k und m); auch bei den Z. mit kleinen Tü. fehlend (Fig. 7i); weiter ganz dünne Verdick., regelm. angeordnet, parallel; besonders mehr nach der Bl.ba. hin bei den breiten und kurzen Z. vorkommend (Fig. 7i). Hoftü. in allen W. der T.z.; Lage in vertik. abwechselnden Reihen; besonders in den W. der Pt. (Fig. 7k, m und n); also Kontakt mit dem X.; weiter zwischen den T.z. gegenseitig (Fig. 7l und p); z.B. in den aneinander grenzenden Querw. (Fig. 7l); schlieszlich zwischen den P.z. und T.z.; diese unilat. (Fig. 7k, n, o und r); die andern bilat. (Fig. 7l und n);<sup>1)</sup> die Form der Tü. ungefähr gleich, nämlich fast rund, doch bis-

---

<sup>1)</sup> Wahrscheinlich keine Tü. in den W. der Z. mit dünnen aneinander grenzenden parallelen Verdick.

weilen mit Ansätzen und dadurch mehr oder weniger unregelm. (Fig. 7h);<sup>1)</sup> P.a. breit; der Hof gut entwickelt; Abm. eines groszen Tü.: P.a. 12 $\mu$ ; i. Ö. 4 $\mu$ ; ä. Ö. 2 $\mu$  (Fig. 7f und g); die groszen Tü. am meisten vorkommend; doch auch bei manchen Z., nämlich bei breiten und kurzen, ganz in der Nähe der Bl.ba., ganz kleine und runde Hoft. vorkommend (Fig. 7i). Inh. wandständiges Protopl. ( $KNO_3$ ) und bisweilen ein wenig Stärkemehl.

**Anmerkung.** Nach Scheit (31, S. 631) haben die Transfusionszellen bei den Blättern mit einer unverdickten und unverholzten Endodermisseide entweder Verdickungen oder kleine und runde Tüpfel. Das Ergebnis der obengenannten Beobachtungen stimmt hiermit überein. Bei dem Blatt von *Juniperus drupacea* ist beides der Fall; a) Zellen, grosse Tüpfel enthaltend, mit Verdickungen; b) diese Verdickungen fehlen bei den Zellen mit kleinen Tüpfeln und stark verdicktem Pektin-annulus.

**Vergleichung des Transfusionsgewebes mit dem Parenchym und dem Xylem.** Das Transfusionsgewebe und das Xylem haben beide eine starke laterale Ausdehnung (noch gröszer als die bei *Saxegothaea conspicua*; das Blatt ist auch einnervig, aber breiter; das accessorische Transfusionsgewebe fehlt gleichfalls). Das Transfusionsgewebe und das Xylem haben beide in der Nähe der Basis ihre grösste laterale Ausdehnung (die grösste Breite des Blattes liegt unter der Mitte); an der Spitze ist die Ausdehnung viel geringer, denn das Blatt ist spitzig. Die Primanen des Transfusionsgewebes und des Xylems stehen mit einander in unmittelbarer Berühring, ausgenommen in der Nähe der Basis. Die Anordnung der Zellen ist bei dem Transfusionsgewebe ganz willkürlich wie bei dem Parenchym. Die Form der Transfusionszellen ist, wie beim Parenchym, auch unregelmäsig, eckig; die Quer-

<sup>1)</sup> Diese Erscheinung erwähnt auch Feustel (10, S. 177).

wände sind oft senkrecht. Die Abmessungen der Transfusionszellen sind, wie bei den Parenchymzellen, auch sehr verschieden. Bei den Tracheiden findet man dies nicht; diese sind fast alle gleich grosz. Die langen und dünnen Transfusionszellen findet man im Zentrum; die andern im allgemeinen mehr nach der Peripherie hin. Diese Erscheinung zeigt sich auch bei dem Parenchym. Die Parenchymzellen sind aber ein wenig kürzer und breiter als die benachbarten Transfusionszellen. In den Wänden der Transfusionszellen findet man typische Hoftüpfel; ihre Grösze ist aber nicht stabil, was bei denen des Xylems wohl der Fall ist. Ihre Form ist auch etwas anders gestaltet als die der Tracheiden; der Pektin-annulus ist dicker; auch sind sie, soweit bekannt, immer mit Ansätzen versehen. Die Wände der Transfusionszellen haben unregelmäszige Verdickungen; jedoch bei einigen Zellen auch dünne parallele Verdickungen, den Ringtracheiden des Xylems wohl einigermaßen ähnlich. Die Wände der Transfusionszellen sind, wie die der Xylemtracheiden, verholzt; diese Verholzung ist aber nach den Holzreaktionen bei den Transfusionszellen geringer als bei den Xylemtracheiden; die des Parenchys sind nicht verholzt. Die Wände der Transfusionszellen sind dünner als die der Xylemtracheiden, aber dicker als die der Parenchymzellen. Bei dem Transfusionsgewebe findet man wie bei dem Xylem auch keine Interzellularräume; bei dem Parenchym wohl. Schlieszlich haben die Transfusions- und die Parenchymzellen beide einen protoplasmatischen Inhalt; bei den Transfusionszellen ist dieser jedoch geringer als bei den Parenchymzellen; in den Tracheiden fehlt dieser.

§ 3. *Sequoia sempervirens* adpressa Endl. Die Grösze der Blätter ist verschieden. Die obersten Blätter des Zweiges sind am kleinsten. Die Länge schwankt

zwischen 3 und 20 mm; die Breite zwischen  $\frac{1}{2}$  und 2 mm. Die Breite ist über einen beträchtlichen Teil des Blattes gleich. Es gibt nur einen Hauptnerv; Seitennerven fehlen. Das Blatt ist an der ventralen Seite der Spitze einigermaßen gewölbt. Die Endodermis hat keine verdickten und verholzten Wände und ist schwer zu erkennen. Das Gefäsbündel ist nicht geschlossen und collateral. Das Xylem ist zentrifugal. Das zentrale Transfusionsgewebe ist gut entwickelt, kein accessorisches Transfusionsgewebe.

**Beschreibung des Xylems.** Je näher an der Spi. desto weniger X.; an den Spi. ganz fehlend (Fig. 8a); kein Phl. Auf 1 mm Abstand von der Spi. nur etwa 6 kurze Reihen (Fig. 8b); diese Reihen aus etwa 2 bis 3 Elem.; die Reihen bisweilen etwas unregelm., besonders bei den Px.

Zwischen einigen Reihen Parenchymzellen. Auf 3 mm Abstand von der Spi. etwa 7 X.-reihen (Fig. 8c); diese aber aus mehreren Elem. bestehend, aus etwa 6; die meist lat. mit der kleinsten Zahl; die jüngsten Elem. cambiumartig. Die Reihen noch etwas unregelm. Bei den Px. die Elem. einander nicht unmittelbar berührend, sondern mit P. dazwischen; auf 6 mm Abstand von der Spi. Zunahme der Zahl von X.-reihen bis etwa 10 (Fig. 8d); die mittelste mit etwa 5 Elem.; die Reihen nun regelmässiger; auf 10 mm Abstand von der Spi. (Fig. 8e) etwa 11 Reihen; die mittelsten auch mit etwa 5 Elem.; die Reihen auch ziemlich regelm.; an der Ba. (15 mm von der Spi) etwa 10 X.-reihen (Fig. 8f); in jeder Reihe etwa 5 Elem., nämlich die mittelsten; also die Zahl der X.-reihen und die Zahl der Elem. in jeder Reihe von 6 mm von der Spi. entfernt bis an die Ba. ziemlich stabil.

**Elem.:** Die ältesten aus R.- und Sp.-, die jüngsten aus Tü.tr.; R. 5—10  $\mu$ ; T. 6—10  $\mu$ ; L. unbekannt; die jüngsten Z. meistens mit einer kleineren R.- als T.-Abl.; die Px. oft am engsten; die Tr. in der Nähe der Spi. auch enger als die weiter von der Spi. entfernten. Form meistens

zyl.; aber auch wohl ungefähr prism., besonders in der Nähe der Bl.ba.; hier bisweilen sechss. prism.; Querw. geneigt. Verd. W., doch nur wenig. W.dicke 2—3  $\mu$ . Verh.

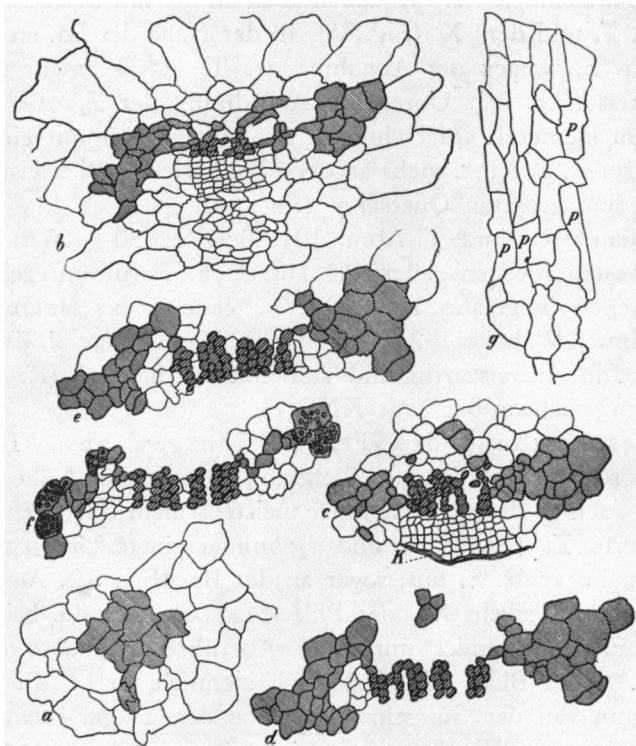


Fig. 8. Querschnitte durch den Hauptnerv; *a* in der Nähe, *b* 1, *c* 3, *d* 6 und *e* 10 mm unterhalb der Spitze; *f* an der Basis. Vergr. 110  $\times$ . Arzierung wie bei Fig. 1. Fig. 8 *g* Längsschnitt 5 mm unterhalb der Spitze; 110  $\times$ ; P.: Parenchym; das übrige ist Transfusionsgewebe.

(Phlor. und An.); Mittellam. aus Pekt. (Ruth.); sek. Verd. sch.; diese wenig entwickelt, besonders bei den engeren Tr. Zwick. auf den Ecken. In der Tü.tr.: Hoft.; in vertik. abwechselnden Reihen; Form ungefähr rund;

Form und Grösze stabil; P.a. dünn; etwa  $6\text{ }\mu$ ; i. Ö.  $4\text{ }\mu$ ; ä. Ö.  $2\text{ }\mu$ . Kein Stärkemehl- oder Eiweisz.-inh.

**Beschreibung des Parenchyms.** An der ventr. S. des X. ziemlich viel P.; jedoch auch an der lat. S. zwischen dem T. und dem X. (Fig. 8b). In der Nähe der Ba. an der ventr. S., wegen der Abnahme des T., das P. mehr entwickelt (Fig. 8f). Unregelm. Anordnung der Z.; die mit einem kleineren Querschn. oft zwischen denen mit einem grösseren. Die P.z. mehr an der Peripherie des Bl. meistens mit dem grösszten Querschn. (Fig. 8b).

Elem.: R.- und T.-Abm.  $10-80\text{ }\mu$ ; L.  $30-100\text{ }\mu$ ; die breitesten meistens auch die kürzesten. Form unregelm.; bisweilen ungefähr zyl.; Querw. geneigt bis senkrecht. Dünnw.; W.dicke  $\pm 2\text{ }\mu$ . Nicht verh. Wohl Interzell. Keine Tü. Inh. Eiweiszartig und stärkemehlenthaltend (K. J.); Plasm. nachweisbar (mit  $\text{KNO}_3$ ).

**Beschreibung des Transfusionsgewebes.** Lage am grösszten Teil lat. des Gefässbz.; ganz in der Nähe der Spi. auch an der ventr. S.; hier meistens mehr oder weniger isolierte Z. (Fig. 8b, c und d); immer einige Umbiegung nach der ventr. S. hin; sogar an der Ba. (Fig. 8f). An der Spi. nur T.; kein X. oder Phl. (Fig. 8a); hier die beiden lat. Flügel einander unmittelbar berührend; ebenso ihre Pt. An der Bl.ba (Fig. 8f) noch ziemlich viel T. Bis auf 10 mm van der Spi. eine Abnahme des T. gar nicht zu verspüren (das Bl. 15 mm lang); also beinahe über die ganze Länge des Bl. ziemlich viel T. Oft ungleiche Entwicklung des T. an den beiden lat. Flügeln (Fig. 8c rechts und links). Die Pt. in unmittelbarer Berührung mit dem X.; hier das T. nur aus einer Z. bestehend. An der Ba. des Bl. (Fig. 8f) auch noch Kontakt zwischen beiden Gew. Das T. nicht in Kontakt mit dem Phl. Die Pt. mit dem kleinsten Querschn.; die Z. am nächsten an der Peripherie mit dem grösszten Querschn.; übrigens unregelm. Anordnung der Z.; oft engere Elem. zwischen den breiteren.

Elem.: R.- und T.-Abm. 6—55  $\mu$ ; L.-Abm. 20—90  $\mu$ ; also grosze Verschiedenheit; die Pt. am längsten und am dünnsten; oft genau so dünn wie die X.tr.; die an der Peripherie meistens am breitesten und am kürzesten; aber auch oft Z. mit einem kleineren Querschn. zwischen denen mit einem gröszeren (Fig. 8c) und lange zwischen kurzen (Fig. 8g); sogar ein groszer Unterschied in L.-Abm. bei etwa gleicher R.- und T.-Abm. Form unregelm.; die Pt. etwa zyl., mit geneigten Querw.; die breiteren am meisten unregelm.; parenchymatische Form; bei den breiteren die Querw. auch wohl senkrecht (Fig. 8g). W. verh. (Phlor. und An.); jedoch weniger als die der Tr., nach der weniger intensiven Färbung mit den Holzreaktionen zu urteilen; die breiten, lat. Z. am wenigsten verh.; Mittellam. aus Pekt. (Ruth.). W. ein wenig verd.; die benachbarten P.z. mit nur wenig dünnern W.; Verdick.sch. dann auch gering entwickelt; W.dicke 2—3  $\mu$ .<sup>1)</sup> Keine Interzell.; Zwick. auf den Ecken. Hoft. in allen W.; bisweilen zahlreich; auch wohl in groszen Entfernungen von einander; im ersten Falle in vertik. abwechselnden Reihen; ihre Form gegenseitig nicht beeinflussend; manche Z., nämlich die mehr lat., mit Netzfaz. verdickt.; dazwischen Tü.; diese dann mehr oder weniger spaltartig, durch den Einfluss der Lage der Verdick.; die Tü. übrigens meistens rundlich, die mehr lat. T.z. auch wohl mit runden Tü.; auch Unterschied in der Grösze der Tü.; zuweilen in denselben Z. grösere und kleinere Tü.; also geringe Stabilität in der Form und Grösze der Tü.; die Hoft. zwischen den T.z. gegenseitig bilat.; zwischen einer T.z. und einer P.z. unilat.; kein To. wahrgenommen; P.a. 4—6  $\mu$ ; i. Ö. 2—3  $\mu$ ; ä. Ö. etwa 1  $\mu$ . Inh. Eiweisz enthaltend; Plasm. nachweisbar mit  $KNO_3$ ; bei den jüngeren Z. am deutlichsten; in einigen Z. Stärkemehl (K. J.).

<sup>1)</sup> Die Pt. dünnwandiger als die Px. Die breiteren im Verhältnis zu ihrem gröszeren Querschn. noch dünnwandiger.

**Vergleichung des Transfusionsgewebes mit dem Xylem und dem Parenchym.** Transfusionsgewebe und Xylem sind beide gut entwickelt. An der Spitze ist auch an der ventralen Seite Transfusionsgewebe (das Blatt ist dort etwas verdickt). In Form und Abmessungen sind die Transfusionszellen am meisten denen des Parenchyms ähnlich; sie sind eckig, unregelmäsig, schon die Primanen etwas; auch die Querwände bisweilen senkrecht; die Transfusionszellen sind wenig länger als die des Parenchyms und etwas schmäler. Die Wanddicke des Transfusionsgewebes hält die Mitte zwischen der Wanddicke des Xylems und des Parenchyms; die Verholzung ist schwächer als die des Xylems. In der Tüpfelung ist das Transfusionsgewebe ganz vom Parenchym verschieden durch seine Hoftüpfel; vom Xylem durch die wenig stabile Form der Tüpfel, welche bisweilen spaltartig und meistens etwas kleiner sind. Betreffs des Inhalts stimmt das Transfusionsgewebe ungefähr mit dem Parenchym überein.

**§ 4. *Pinus Pinea* Linn.** Die Nadel von *Pinus Pinea* ist im Querschnitt halbkreisförmig; die R.-Abmessung ist kleiner als die T.-Abmessung. Sie hat nur einen Nerv. Fig. 9a ist das Bild eines Querschnittes einer halben Stele. Die Endodermis hat in der R.-Richtung verdickte Wände. Es gibt zwei offene collaterale Gefäsbündel mit zentrifugalem Xylem; zwischen diesen Gefäsbündeln findet man Sclerenchym; zwischen den Phloëmteilen Parenchym und bisweilen Sclerenchym; das Sclerenchym geht an der ventralen Seite in dünnwandiges Parenchym über. Das Transfusionsgewebe schlieszt beide Bündel völlig ein. Seine Entwicklung ist nicht nach allen Seiten hin gleich stark. Zwischen den Transfusionszellen findet man einige parenchymatische Zellen (Fig. 9a). Es gibt kein accessorisches Transfusionsgewebe.

**Beschreibung des Xylem.** Das X. lat. in unmittelbarer Berührung mit dem T. (Fig. 9a). An der ventr. S. durch das P. vom T. getrennt (Fig. 9a). X. in Reihen; die innerste Reihe mit  $\pm$  6 Elem.; diese in unmittelbarer Berührung mit dem T. Zwischen jeden 2—3 Reihen zuweilen P.

Elem.: Die ältesten aus R.- und Sp.-; die jüngsten aus Tü-tr.; Querw. geneigt; R. 5—20  $\mu$ ; T. 5—20  $\mu$ ; L.  $\pm$  280  $\mu$ . Form ein sechss. Prisma (mit schrägen Querw.). W.verd. und verh. W.dicke etwa 4  $\mu$ ; Mittellam. aus Pekt. (Ruth.); sek. Sch. ziemlich stark entwickelt. Typische Hoft.: runde Form in Fl.; To.; Inh. nihil.

**Beschreibung des Parenchyms.** a) An der ventr. S. zwischen dem X. und dem T. (Fig. 9a); auch einige Z. an der dors. S. zwischen Phl. und T.; b) schlieszlich zwischen den Z. des T.

Elem. a) R. 10—20  $\mu$ ; T. 10—30  $\mu$ ; L. 50—120  $\mu$ . Form nicht stabil; im Querschn. eckig bis rundlich; b) R. 20—50  $\mu$ ; T. 30—50  $\mu$ ; L. 40—110  $\mu$ . Form im Querschn. eckig bis rund.<sup>1)</sup> Querw. etwa senkrecht. W. verh.;  $\pm$  3  $\mu$  dick. Keine Sp.- und Netzfaz. verdick. Keine Interzell. Keine Tü. Stärkemehlinh. und eiweiszhaltig.

**Beschreibung des Transfusionsgewebes.** Rings um das Bündel herumgelagert; sich bis an die E. ausdehnend (Fig. 9a). An der ventr. S. durch P. vom X. getrennt; an der dors. S. durch einige P.z. vom Phl.; an der lat. S. in engster Berührung mit dem Phl. und dem X.; die Pt. an die Px. grenzend. Das T. an der Spi. der Nadel weniger entwickelt als an der Ba.; lat. die grösste Entwicklung (die T.- Abm. länger als die R.-Abm.); bisweilen wohl 10 Z. von den Pt. bis an die E. An der X.- und Phl.-seite nur

<sup>1)</sup> Diese von den T. z. zu unterscheiden durch das Fehlen der Tü. und in Glycerin-Präparaten durch ihren grünlichen Inh.

etwa 3 Z. reihen. Jedoch in der Richtung nach der lat. S. eine allmähliche Zunahme.

Elem.: R. 10—70  $\mu$ ; T. 15—50  $\mu$ ; L. 30—120  $\mu$ ; von den Pt. an die R.- und T.-Abm. grösser; die L.-Abm. kleiner. Form unregelm.; sehr verschieden; Querw. etwa senkrecht (Fig. 9b). W. verh., jedoch weniger als beim X. und beim P. W.-dicke 3  $\mu$ . Keine Interzell.; Zwick. auf den Ecken. Keine Sp.- oder Netzfass.-verdick. auf den Innenw. Typische Hoft. wie die im Holze des Stammes und in den Zweigen von Pinus, besonders in den Pt. vor-

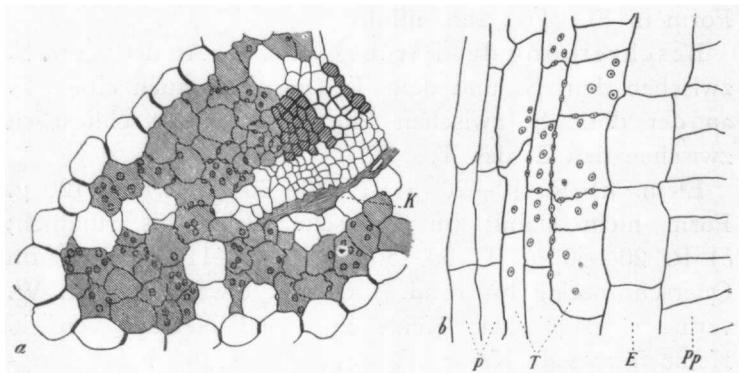


Fig. 9 a Querschnitt durch den Hauptnerv; 1 cm unterhalb der Spitze; Vergr. 110 $\times$ ; Arzierung wie bei Fig. 1. Fig. 9 b Längschnitt; 250 $\times$ .

kommen (hier zahlreich und gross); in der Fl. etwa rund; L. 10  $\mu$ ; R. 10  $\mu$ . Ö. sehr eng;  $\pm$  1  $\mu$ ; To.; an das P. grenzend unilat., sonst bilat. In den Z. Stärkemehl angezeigt (K. J.); weiter eiweiszartige Verbindungen ( $\text{KNO}_3$ ; Xantoprotein-Reaktion; Mielons Reagens; Methylenblau-Reaktion).

Vergleichung des Transfusionsgewebes mit dem Parenchym und dem Xylem. Die Pramanen des Xylems und des Transfusionsgewebes berühren einander

an der lateralen Seite des Gefäßbündels. Die Abmessungen der Primanen dieser beiden Gewebe sind verschieden; die R.- und T.-Abmessungen der Transfusionszellen sind grösser; die L.-Abmessung hingegen ist beträchtlich kleiner als die des Xylems. Die Form der Transfusionszellen ist unregelmässig und nicht wie die des Xylems ein sechsseitiges Prisma. Selbst bei den Primanen zeigt sich diese Erscheinung. Der Unterschied in R.- und T.-Abmessung ist bei den Transfusionszellen bisweilen ansehnlich. Bei denen des Xylems sind sie ungefähr gleich. Diese Form ist auch den Parenchymzellen eigen. Ausserdem sind die Querwände nicht geneigt, wie die der Xylemtracheiden, sondern etwa senkrecht, wie die des Parenchyms. Die R.- und T.-Abmessungen sind bei den Transfusionszellen meistens viel grösser als die des Xylems. Auch bei den Primanen besteht, wie schon oben erwähnt, ein Unterschied. Die L.-Abmessung der Transfusionszellen ist jedoch viel geringer als die der Tracheiden. Die L.-Abmessung der Parenchymzellen in der Nähe des Gefäßbündels und die der benachbarten Transfusionszellen stimmen vielmehr mit einander überein. Die Zellen des Transfusionsgewebes sind weniger verholzt als die des Xylems und die des Parenchyms. Ihre Wände wurden mit den Holzreaktionen weniger intensiv gefärbt.

Die Transfusionszellen sind weniger verdickt als die des Xylems, wobei zu berücksichtigen ist, dass diese meistens einen grösseren Querschnitt haben als die des letztgenannten Gewebes. Sie sind mehr verdickt als die Parenchymzellen, welche sich in der Nähe des Gefäßbündels befinden. Die Anordnung der Zellen des Transfusionsgewebes ist wie beim Parenchym unregelmässig. Die Transfusionszellen haben einen eiweiszartigen Inhalt und auch Stärkemehl, das Xylem nicht. In den Parenchymzellen ist auch Stärkemehl nachweisbar.

Anmerkungen über die Tüpfel. Der Hof war bei

10 Tüpfeln im Querschnitt im Mittel  $9,6 \mu$  ( $2 \times 8, 1 \times 9, 6 \times 10, 1 \times 11$ ), in Flächenansicht  $10 \mu$  ( $1 \times 8, 8 \times 10, 1 \times 12$ ), für die innerste Öffnung waren diese Zahlen  $4,7 \mu$  ( $5 \times 4, 3 \times 5, 2 \times 6$ ) bzw  $5,2 \mu$  ( $2 \times 4, 5 \times 5, 2 \times 6, 1 \times 7$ ), für die äusserste Öffnung bei je 10 Messungen jedesmal  $1 \mu$ . Diese Zahlen stimmen ziemlich gut mit einander überein. Die Zahlen für die Flächenansicht sind etwas grösser, weil nur ausnahmsweise die Öffnung und der Hof längs der Mittellinie geschnitten wurden. Die äusserste Öffnung ist sehr klein und lässt sich schwer genau messen.

Die Tüpfel in der Flächenansicht zeigen nicht immer dasselbe Bild. Wenn wir die Linie, welche die beiden äussersten Öffnungen verbindet, die Achse der zwei einander gegenüberliegenden Hoftüpfel nennen, so können bei der Betrachtung eines Tüpfels 3 Fälle unterscheiden. a) Wenn die Achse senkrecht steht auf der Zeichnungsfläche, sehen wir nur eine äusserste Öffnung. b) Wenn die Achse quer auf der Zeichnungsfläche steht, sehen wir die beiden Öffnungen ganz nebeneinander. c) Wenn dagegen die Achse ungefähr parallel der Zeichnungsfläche ist, sehen wir die beiden Öffnungen weiter auseinander. Diese 3 Fälle gehen natürlich allmählich in einander über.

**Untersuchung von junge Nadeln aus den Knospen von *Pinus pungens*.** An Schnitten durch junge Nadeln lässt sich folgendes beobachten:

1. Das Xylem bekommt in betreff der Zahl der Zellen seine vollkommene Entwicklung später als das Transfusionsgewebe. Wenn dieses letzte Gewebe an der Xylem- und an der Phloëmseite schon genau so viele Zellen hat wie in den ausgewachsenen Nadeln, besteht das Xylem nur noch aus einigen Zellen.

2. Die Wände der Xylemzellen erreichen bald die normale Dicke der Zellen in einer ausgewachsenen Nadel;

auch ist die normale Zellgrösse schnell erreicht; bei dem Transfusionsgewebe gehen diese beiden Prozesse langsamer vor sich.

3. Die Xylemtracheiden verholzen sehr bald und werden mit den Holzreaktionen schon bei jungen Zellen intensiv gefärbt.

4. Die Zellen des Transfusionsgewebes haben anfangs keine Tüpfel. Die Zellwände sind dann ungewöhnlich dünn, noch kein  $\mu$ . Die Tüpfelbildung findet jedoch in der frühen Entwicklungsperiode des Blattes statt. Grosze Tüpfel kommen bei den Primanen, also in den dem Xylem benachbarten Zellen, vor.

5. Die Verholzung des Transfusionsgewebes findet nach der Tüpfelbildung statt. Sie ist nicht so intensiv wie beim Xylem; denn sie geht langsamer vor sich und ist auch weniger stark.

6. Die Verholzung findet bei den an das Xylem grenzenden Zellwänden am ersten statt; am letzten an der Peripherie. Dies lässt stark vermuten, dasz die erstgenannten Zellen sich auch zuerst gebildet haben.

7. Die baldige Entwicklung der Zahl der Zellen und die frühe Tüpfelbildung des Transfusionsgewebes, welche beide schon stattgefunden haben, wenn das Xylem erst einige Zellen enthält, sprechen für den hohen Wert dieses Gewebes.

**§ 5. Araucaria imbricata Pav.** Das Blatt von Araucaria imbricata ist krummnervig und etwa  $4\frac{1}{2}$  cm lang. Es ist, besonders an der Spitze, in der H.-Richtung verdickt. Darum ist die R.-Abmessung der Nerven hier auch beträchtlich (Fig. 10b, c und d). Mehr nach der Basis hin wird das Blatt dünner und die R.-Abmessung der Nerven kleiner (Fig. 10 e, f).

Die Endodermis besteht aus unverdickten und unverholzten Zellen. Das Gefässbündel ist nicht geschlossen

und collateral. Das Xylem ist zentrifugal. Es gibt kein accessorisches Transfusionsgewebe.

**Beschreibung des Xylems.** Je näher an der Spi., desto weniger X.  $\frac{1}{2}$  cm von der Spi. entfernt und zwar

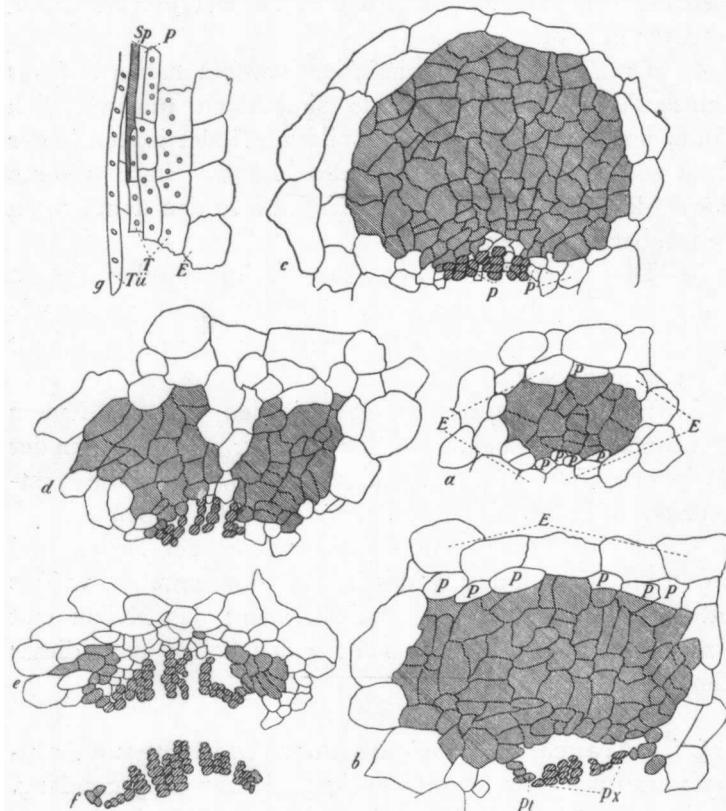


Fig. 10. Querschnitte durch einen Nerv; *a*  $\frac{1}{2}$ , *b*  $\frac{1}{2}$ , *c* 1, *d* 2, *e*  $3\frac{1}{2}$  und *f* 4 cm unterhalb der Spitze; Vergr. 110 $\times$ ; Arzierung wie bei Fig. 1; weitere Erklärung im Text. Fig. 10 *g* Längsschnitt; 110 $\times$ .

bei dem Gefäszb., ganz in der Nähe des Bl.-randes, kein X. und auch kein Phl. (Fig. 10*a*); bei den mittelsten Gefäszb. nur wenig (Fig. 10*b*). Das X. oft in unregelm.

Reihen in der R.-Richtung (Fig. 10c), von welchen die mittelsten mit der grössten Zahl von Elem.; die äussersten zuweilen nur aus einer Z. bestehend (Fig. 10b). Die Zahl der X.-reihen bei den verschiedenen Gefäszb. desselben Bl. auch ungleich. Bei den mittelsten Gefäszb. die grösste Zahl, bei denen in der Nähe des Bl.-randes die kleinste.

Durchschn.-zahl der X.-reihen von den mittelsten Gefäszb. und die Durchschn.-zahl von Elem. der mittelsten Reihe dieser Gefäszb. und zwar in verschiedenen Entfernungen von der Spi.

Entfernung von der Spi.	Durschn.-zahl der Z.reihen	Durchschn.-zahl der Z. der mit- telsten Reihe	Fig.
$\frac{1}{2}$	6	4	10b
1	7	4	10c
2	8	4	10d
$2\frac{1}{2}$	9	4	
3	12	5	
$3\frac{1}{2}$	13	6	10e
4	14	7	10f

Also zwischen  $2\frac{1}{2}$  und 3 cm eine starke Zunahme der Zahl der Z.-reihen von diesen mittelsten Gefäszb.; zwischen  $2\frac{1}{2}$  und 4 cm auch Zunahme der Zahl von Z. der mittelsten Reihen.<sup>1)</sup>

Bisweilen jede einzelne Reihe oder je zwei Reihen abwechselnd mit Parenchym.<sup>2)</sup> Das X. in unmittelbarer Berührung mit dem Phl.

Elem.: Die ältesten aus R.- und Sp., die jüngsten aus Tü.tr. (Fig. 10g). R. 5—15  $\mu$ ; T. 8—20  $\mu$ ; L. unbekannt. Form zyl., Querw. geneigt (Fig. 10g). W.verd.; die Px.

<sup>1)</sup> Bei den Randbündeln dieselbe Erscheinung.

<sup>2)</sup> Diese P.-zellen in den meisten Fig. nicht gezeichnet; in der Fig. 10 c durch P. angedeutet.

mit den dünnsten W.; W. dicke 3—5  $\mu$ ; verh. (Phlor.); Mittellam. aus Pekt. (Ruth.); sek. Sch. bei den breiten Tr. gut entwickelt; Zwick. auf den Ecken. In den W. der Tü.tr. Hoft.; Form rund bis breit-oval; wenig Unterschied in der Grösze der Tü.; P.a. dünn; Beispiel: P.a. 10  $\mu$  lang und 8  $\mu$  breit; i. Ö. 6  $\mu$  lang und 4  $\mu$  breit; ä. Ö. 3  $\mu$  lang und 2  $\mu$  breit. Kein Eiweisz- oder Stärkemehl-inh.

**Beschreibung des Parenchyms.** An der Spi. gering entwickelt; hier nimmt das stark entwickelte T. und auch das X. und Phl. fast den ganzen Raum innerhalb der E. ein (Fig. 10a, b und c). Weiter von der Spi. nach der Ba. des Bl. hin allmählich mehr P.; inzwischen ein fast gänzliches Verschwinden des T. Zwischen X. und T. und zwar an der ventr. S. des X. immer etwas P. (Fig. 10c). Auch an der ventr. S. zwischen dem T. und der E. fast immer P. (Fig. 10b, d und e). Je weiter von der Spi. desto mehr P. (Vergl. Fig. 10c und d). Unregelm. Anordnung der Z.; mit kleinerem Querschn. oft zwischen solchen mit einem gröszeren.

Elem.: R. 10—60  $\mu$ ; T. 10—60  $\mu$ ; L. 30—100  $\mu$ . Form etwa zyl. bis unregelm. prism.; Querw. bisweilen geneigt. Dünnw.;  $\pm$  3  $\mu$  dick. Unverh. Keine Zwick. auf den Ecken, sondern Interzell. Keine Tü. Inh. etwas eiweisz- und stärkemehlartig.

**Beschreibung des Transfusionsgewebes.** Lat. Entwicklung gering. Das Bl. nämlich mehrnervig. An der Spi. stark (hier das Bl. verd.), an der Ba. schwach entwickelt (hier das Bl. dünner und mehr X.) mit allmählichen Übergängen. Die an den Bl. rand grenzenden Nerven verhältnismässig mehr T. als die in der Mitte des Bl. (hier mehr P.). Umbiegung nach der ventr. S. hin. An der Spi. fast den ganzen Raum zwischen dem X. und der E. einnehmend (Fig. 10a, b und c). Diese Lage bis auf etwa 1 cm von der Spi.; 2 cm von der Spi. weniger T., dagegen mehr P. (Fig. 10d). Die beiden lat. Flügel des T. durch

einen keilförmigen P.-raum getrennt;  $3\frac{1}{2}$  cm von der Spi. noch gröszere Reduktion des T.; die beiden Flügel noch weiter von einander entfernt (Fig. 10e); an der Bl.ba. das T. nur noch aus einigen Z. bestehend (Fig. 10f). Die Pt. in unmittelbarer Berühring mit den Px. (Fig. 10b, c, d, e und g); nicht mit dem Phl.; P. zwischen Phl. und T. Sehr unregelm. Anordnung der Z. Zwischen den T.z. kein P., auszer an der Bl.ba.

Elem.: R. 10—60  $\mu$ ; T. 10—60 r; L. 30—100  $\mu$ ; die Pt. mit der kleinsten R.- und T.-Abm., doch mit der grössten L.-Abm. Form unregelm., bisweilen etwa zyl., besonders die Pt. und die Z. in der Nähe der Pt.; die Z. mit dem grössten Querschn. oft eckig, bisweilen dreibis sechs. prism.; Querw. senkrecht bis geneigt. W. verh. (Phlor. und An.); Mittellam. aus Pekt. (Ruth.). W. wenig dicker als die der benachbarten P.z.; viel dünnw. als die Elem. des X.; die Pt. mit den dünnsten W.; Verd.sch. also wenig entwickelt. W.dicke etwa 3  $\mu$ . Keine Interzell.; Zwick. auf den Ecken. Hoftü. in allen W.; Form rund und stabil (also anders als bei *Ceratozamia mexicana*, *Encephalartos horridus* und *Ginkgo biloba*, aber ebenso wie bei *Pinus Pinea*); zwischen den T.z. bilat.; zwischen einer T.- und einer P.z. unilat.; wohl Unterschied in der Grösze der Hoft., jedoch viel geringer als bei denen von *Ceratozamia*, *Encephalartos* und *Ginkgo*; Lage in vertik. abwechselnden Reihen; P.a. dick; breite i. Ö.; enge ä. Ö.; P.a.  $\pm$  6  $\mu$ ; i. Ö. 4  $\mu$ ; ä. Ö. 1  $\mu$ .<sup>1)</sup> Inh.: stärkemehlartig und eiweiszenthaltend. Plasm. mit KNO<sub>3</sub> nachweisbar.

Vergleichung des Transfusionsgewebes mit dem Parenchym. An der Spitze nimmt das Transfusionsgewebe den ganzen Raum ventral des Gefäsbündels ein (das Blatt ist hier in der H.-Richtung verdickt); es gibt

---

<sup>1)</sup> Kein To. wahrgenommen; vielleicht doch vorhanden; denn die Tü. sind denen von *Pinus* ähnlich, welche wohl einen To. haben.

dort weniger Xylem und nur etwas Parenchym. Nach der Basis hin nimmt das Transfusionsgewebe ab; es gibt dagegen eine Zunahme des Xylems und des Parenchyms. Wenn das Transfusionsgewebe an der ventralen Seite nicht mehr gefunden wird, wird dies begleitet von einer Zunahme der Zahl der Xylemreihen und von einer Vergrößerung der Zahl von Elementen in jeder Reihe nach der ventralen Seite hin. In Form und Abmessungen sind die Transfusionszellen am meisten denen des Parenchyms ähnlich; sie sind eckig, unregelmäsig; sogar die Primanen ein wenig; auch sind die Querwände oft geneigt; bisweilen sind sie etwas länger und schmäler als die Parenchymzellen. Die Anordnung der Zellen ist beim Transfusionsgewebe, wie beim Parenchym, sehr unregelmäzig; beim Xylem ist sie viel regelmässiger. Die Wände der Transfusionszellen sind nur wenig dicker als die des Parenchyms; die Verholzung ist schwächer als die des Xylems; die Wände des Parenchyms sind nicht verholzt. Das Parenchym hat keine Tüpfel; das Transfusionsgewebe hat, wie das Xylem, typische Hoftüpfel; sie sind rund, und von stabiler Form. Auch ist der Unterschied in der Grösze gering; der Pektin-annulus ist dick. Die Tüpfel des Xylems sind grösser; diese sind rund bis breit-oval; der Pektin-annulus ist dünn; Unterschied in der Grösze gering. Der Inhalt des Transfusionsgewebes stimmt ungefähr mit dem Parenchym überein.

---

## KAPITEL V.

### ZUSAMMENFASSUNG UND EINIGE KRITISCHE BETRACHTUNGEN ÜBER DIE LITERATUR.

**§ 1. Zusammenfassung der anatomischen Eigen-schaften des Transfusionsgewebes.** 1. Die stärkere oder geringere laterale Entwicklung des zen-tralen Transfusionsgewebes ist abhängig:

*a.* von der Form des Blattes; *b.* von der Ein- oder Mehrnervigkeit; *c.* von der stärkeren oder geringeren Entwicklung des Xylems; *d.* vielleicht auch von dem Vorhandensein oder Nichtvorhandensein des accessorischen Transfusionsgewebes.

*a.* Bei den flachen und dünnen Blättern findet man eine stärkere laterale Entwicklung (z.B. bei *Cycas revoluta*, *Ceratozamia mexicana*, *Encephalartos horridus*, *Saxegothaea conspicua*, *Juniperus drupacea*). Je breiter das Blatt, desto stärker ist ihre Entwicklung (*Juniperus drupacea* ist breiter als *Saxegothaea conspicua*). An der dorsalen und ventralen Seite ist kein Transfusionsgewebe zu finden. Bei den dickeren Blättern findet man dorsal oder ventral oder rings um das Gefäßbündel Transfusionsgewebe, z.B. bei *Araucaria imbricata*, *Sequoia sempervirens adpressa* (das Blatt ist an der ventralen Seite etwas gewölbt), *Ginkgo biloba* (mit Wölbungen bei jedem einzelnen Nerv), *Pinus Pinea*.

*b.* Bei mehrnervigen Blättern ist das zentrale Transfusionsgewebe weniger lateral entwickelt (*Ginkgo biloba*, *Araucaria imbricata*, *Ceratozamia mexicana*, *Encephalartos horridus*; bei den einnervigen Blättern ist die Entwicklung viel stärker (*Sequoia sempervirens adpressa*, *Juniperus drupacea*, *Saxegothaea conspicua*).

*c.* Wo viel Xylem vorkommt, findet man weniger zentrales Transfusionsgewebe (*Cycas revoluta*, mit stärkerer lateraler Entwicklung des zentripetalen Xylems, hat weniger zentrales Transfusionsgewebe als *Ceratozamia mexicana* und *Encephalartos horridus*).

*d.* Vielleicht übt auch das Vorhandensein des accessorischen Transfusionsgewebes Einfluss auf die geringere Entwicklung des zentralen Transfusionsgewebes aus (*Cycas revoluta* und *Podocarpus*-Arten).

Durch das Zusammenwirken aller dieser Faktoren hat sich das zentrale Transfusionsgewebe lateral am stärksten

entwickelt bei flachen, breiten, einnervigen Blättern, mit geringem Xylem und ohne accessorisches Transfusionsgewebe (*Juniperus drupacea*; *Saxegothaea conspicua*).

In einem einzelnen Blatt ist die Entwicklung des zentralen Transfusionsgewebes am stärksten, entweder in der Nähe der Spitze (*Cycas revoluta*, *Ceratozamia mexicana*, *Encephalortos horridus*) im Zusammenhang mit der Abnahme des Xylems, oder mehr in der Mitte (*Sequoia sempervirens adpressa*, *Pinus Pinea*, *Juniperus drupacea*, *Saxegothaea conspicua*) in Zusammenhang mit der grössten Breite. Die Behauptung von Takeda und andern, dasz die grösste Entwicklung immer in der Nähe der Spitze stattfindet, ist falsch.

2. Die Primanen des zentralen Transfusionsgewebes und die des Xylems liegen bei den *Cycadinae* nur in der Nähe der Spitze unmittelbar nebeneinander, weil die Xylemreihen hier kürzer werden. Bei den *Ginkgoinae* und *Coniferae* findet man dies viel mehr, auch mehr von der Spitze des Blattes entfernt. Die Primanen der beiden Transfusionsflügel berühren einander, wenn das Xylem in der Spitze verschwindet. Oft gibt es keine unmittelbare Berührung zwischen dem Transfusionsgewebe und dem Phloëm.

3. Die Primanen des zentralen Transfusionsgewebes sind nicht so stark differenziert wie die des Xylems. Die Anordnung der Zellen ist ziemlich unregelmässig, ebenso wie die des Parenchyms. Wohl sind die dem Xylem benachbarten Zellen am längsten und am dünnesten; aber die Parenchymzellen sind dort auch lang und dünn, ungefähr wie die Transfusionszellen. Die Transfusionszellen an der Peripherie sind breit und kurz. Doch findet man auch breite und kurze Transfusionszellen zwischen langen und dünnen. Die Entwicklung des Transfusionsgewebes geht auch viel schneller vor sich als die des Xylems. Bald hat das Transfusionsgewebe die gleiche Zahl von Zellen wie

in den ausgewachsenen Nadeln (*Pinus Pinea*). Die Zellen des Transfusionsgewebes bilden sich also, wie die des Parenchyms, vielmehr gleichzeitig (*Cycas revoluta*, *Pinus pinea*).

4. Der Form und den Abmessungen nach sind die Transfusionszellen am meisten denen des Parenchyms ähnlich; sie sind eckig, unregelmäzig, schon die Primanen ein wenig, doch die breiteren Zellen am meisten; die Zellen sind mit rechtwinklig aufgesetzten Querwänden versehen; die Transfusionszellen sind auch ungefähr gleich lang und meistens ein wenig dünner als die benachbarten Parenchymzellen. Zwischen den Abmessungen der einzelnen Zellen ist ein groszer Unterschied, ebenso wie bei denen des Parenchyms. Die Abmessungen bei den Xylemzellen sind nur wenig verschieden. Die Tracheiden bekommen bald ihre normale Grösze, bei den Transfusionszellen findet der Entwicklungsprozess ebenso langsam statt wie bei dem Parenchym.

5. Die Wände der Transfusionszellen sind dünner als die der Xylemtracheiden, doch nicht so dünn wie die des Parenchyms. Bei den Primanen des Transfusionsgewebes und bei denen des Xylems ist schon ein Unterschied zu verspüren. Dieser Unterschied in der Wanddicke zwischen den Transfusionszellen und den Xylemtracheiden ist bei den behandelten *Cycadinae* kleiner als bei den *Coniferae* (ganz deutlich z.B. bei *Pinus Pinea* und *Araucaria imbricata*). Auch besteht ein Unterschied in der Entwicklung. Die Wände der Xylemtracheiden bekommen sehr bald ihre normale Dicke; bei den Transfusionszellen geht dies nicht so schnell, ebenso wie bei dem Parenchym.

6. Die Verholzung ist nicht so stark wie die des Xylems; das Parenchym ist oft nicht verholzt. Bei den *Cycadinae* ist dieser Unterschied oft schwerer zu beobachten. Die Zellen an der Peripherie haben bisweilen eine geringere Verholzung als die, welche sich mehr in der Mitte befinden.

Die Xylemtracheiden verholzen sehr geschwind; die Verholzung der Transfusionszellen erfolgt viel später und auch langsamer. Die Verholzung beginnt bei den Primanen.

7. Das Transfusionsgewebe besitzt Hoftüpfel. Ihre Zahl ist verschieden. In den Primanen sind sie zahlreich (z.B. *Pinus Pinea*). Sie sind in allen Wänden zu finden. Wenn sie zahlreich sind, stehen sie meistens in vertikal abwechselnden Reihen.

Die Hoftüpfel sind nicht selten weniger typisch; besonders an der Peripherie und an der Spitze des Blattes<sup>1)</sup> und oft gekennzeichnet durch breite Poren (*Ginkgo biloba*, *Sequoia sempervirens adpressa* und *Saxegothaea conspicua*). Es gibt auch wohl sehr typische, sogar solche mit einem deutlich wahrnehmbaren Torus (*Pinus Pinea*).

Die Form ist rund oder mehr oder weniger spaltförmig, auch wohl einmal eckig und mit Zapfen an dem Pektin-annulus versehen (z.B. *Juniperus drupacea*). Die Tüpfel sind oft mit einem dicken Pektin-annulus versehen (z.B. *Araucaria imbricata*). Die dem Parenchym benachbarten sind uni-, sonst bilateral.

Die Tüpfel sind auch in Form und Grösze wenig stabil. Die der Zellen an der Blattspitze und an der Peripherie sind am wenigsten stabil. Bisweilen findet man grosze und kleine Tüpfel bei derselben Zelle (z.B. bei *Sequoia sempervirens adpressa*). Doch gibt es auch Beispiele groszer Stabilität in Form und Grösze (*Pinus Pinea*, *Araucaria imbricata*).

Der Hof und der Porus sind der Ruthenium-rot-Reaktion nach im Innern mit Pektinstoffen bekleidet; die primäre Membran besteht auch aus diesen Stoffen.

Bei ganz jungen Transfusionszellen sind noch keine Tüpfel zu finden; die Membran ist dann sehr dünn (z.B.

<sup>1)</sup> Dies ist auch nach Sifton (36, S. 433, summary 4) bei dem Xylem der Fall.

bei *Pinus pinea*). Doch findet die Tüpfelbildung frühzeitig statt. Danach tritt die Verholzung der Membran ein.

8. Die Wände der Transfusionszellen sind oft mit Spiral- oder Netzfaserverdickungen versehen, nämlich dann, wenn die Endodermis keine verdickten Wände besitzt (Scheit); die Spiralverdickungen sind dann bei den dünnen und langen Zellen zu finden; die Netzfaserverdickungen dagegen bei den dicken und kurzen, welche auch an der Peripherie liegen; die Tüpfel befinden sich dann zwischen den Verdickungen. Anders ist es bei dem Xylem, wo man keine Tüpfel bei den Spiral- und Netzfaserverdickungen findet. Die Verdickungen sind zuweilen gar nicht netzartig, aber sehr unregelmäsig (z.B. bei *Juniperus drupacea*).

9. Die Transfusionszellen haben einen protoplasmatischen Inhalt; es ergibt sich eine Plasmolyse bei der Einwirkung von  $\text{KNO}_3$ ; bei den jungen Blättern ist sie am besten wahrzunehmen. Bisweilen lässt sich Stärkemehl nachweisen, doch nicht so viel wie in den Parenchymzellen (z.B. bei *Saxegothaea conspicua*, *Juniperus drupacea*, *Araucaria imbricata*).

**§ 2. Kritische Betrachtungen anlässlich der Literatur über Funktion und Abstammung des zentralen Transfusionsgewebes.** 1. Funktion. Wie wir in der Einleitung gesehen haben, meinen einige Autoren, dasz das Transfusionsgewebe als hilfeleistendes Geleitungsgebe diene. Sie schlieszen dies aus der Länge der Zellen und aus dem Aneinanderliegen der Enden. Es dient dazu, die Verzweigung der Nerven zu ersetzen.

Andere halten dafür, dasz dieses Gewebe eine Art „Water-storage-organ“ ist (Takeda). Die Zunahme dieses Gewebes in der Richtung nach der Spitze hin und die kurzen und breiten Zellen scheinen einer Leitung zu widersprechen. Jedoch ist schon gezeigt worden, dasz das

Transfusionsgewebe nicht immer in der Nähe der Spitze seine stärkste Entwicklung hat, sondern sehr oft gerade an der breitesten Stelle des Blattes und dasz es über einen ziemlichen Teil der Länge des Blattes eine grosze Ausdehnung erlangt. Diese Erscheinung dürfte als ein Beweis für die hilfeleistende Geleit-Theorie gelten können.

Kurze und breite Zellen sind als Geleitzellen weniger geeignet; hiermit ist jedoch nicht gesagt, dasz sie ungeeignet sind; ausserdem hat das Transfusionsgewebe auch viele dünne und lange Zellen. Weiter sind die Zellen mit Hoftüpfeln versehen, welche z.B. bei den, den Primanen des Xylems benachbarten Zellen, sehr zahlreich und gross sind.

Wenn das Xylem eine grosze Ausdehnung besitzt, ist das Transfusionsgewebe nur wenig entwickelt und umgekehrt.

Nimmt jedoch in einem und demselben Blatte das Transfusionsgewebe in der Richtung der Blattbasis ab, so vermehrt sich das Xylem.

Bei den einnervigen Blättern dehnt sich das Transfusionsgewebe mehr lateral aus als bei den mehrnervigen. Je breiter auch das Blatt, desto stärker ist die laterale Entwicklung des zentralen Transfusionsgewebes. Alles weist darauf hin, dasz das zentrale Transfusionsgewebe eine gleiche Funktion hat, wie das Xylem.

Wenn accessorisches Transfusionsgewebe vorhanden ist, so dehnt sich das zentrale Transfusionsgewebe weniger lateral aus.

Keiner hat das accessorische Transfusionsgewebe als ein Wasserreservoir bezeichnet, sondern gerade als ein Gewebe, das die fehlende Lateralnervatur zu ersetzen hat. Und wenn nun das zentrale Transfusionsgewebe, wie oben erwähnt, eine gleiche Funktion hat wie das accessorische Transfusionsgewebe (dies kann jedoch in gröszerem oder geringerem Maße durch letzteres ersetzt werden), so kann

das zentrale Transfusionsgewebe doch nicht als ein „Water-storage-organ“ betrachtet werden.

Als Beispiel aus der Literatur dafür, dasz die Funktion der transfusionsartigen Zellen keine andere als die der Leitung sein kann, mag das folgende dienen. Es ist der Publikation von Le Goc (12, S. 183—193) über das zentripetale und zentrifugale Xylem entnommen. Die Mitteilung über das Transfusionsgewebe ist hier ganz zufällig.

Le Goc machte Ende April in dem jungen Blattstiel von *Cycas circinalis*, mit einer Länge von 15 cm, einen Querschnitt nicht weit von der Basis; der Stiel war bis auf  $\frac{2}{3}$  oder  $\frac{3}{4}$  seines Querschnittes durchschnitten. Am 12. Juli, als der Stiel ungefähr 1 m lang war, wurde er untersucht; das Cambium war sehr tätig gewesen, sodasz sich mehr Xylem bildete. Ausserdem wurde die folgende merkwürdige Erscheinung wahrgenommen. Es hatte sich ein breites Bündel von transfusionsartigem Gewebe gebildet, das alle die Gefäsbündel, welche durch die Wunde von dem untersten Teile des Stieles getrennt worden waren, wieder mit den andern, welche noch in ununterbrochener Verbindung mit der Basis des Blattstieles standen, zusammen brachte. Nach Le Goc hatte dieses transfusionsartige Gewebe die Rolle Stoffe zu transportieren. Le Goc äussert sich darüber in folgender Weise (S. 192): „Also the new bundles of transfusioncells are evidently adapted to fulfill a function a need“.

Meines Erachtens hat die Annahme von Von Mohl und andern, dasz das zentrale Transfusionsgewebe ein hilfeleistendes Geleitgewebe ist, die meiste Wahrscheinlichkeit für sich.

2. Abstammung des zentralen Transfusionsgewebes. Wie aus der Literatürsicht zu ersehen ist, gibt es verschiedene Auffassungen betreffs der Abstammung

des zentralen Transfusionsgewebes, die sich letzten Endes richten auf die Frage: Ist das Transfusionsgewebe aus dem Xylem oder aus dem Parenchym entstanden?

Worsdell und Bernard haben am ausführlichsten den erstgenannten Standpunkt vertreten. In der Literaturübersicht ist der kurze Inhalt ihrer Publikationen wiedergegeben (S. 320); gleichfalls die Bestreitung ihrer Meinung durch andere Autoren (S. 320).

Worsdell fand in den Cotyledonen von Ginkgo an der ventralen Seite des Protoxylems einige Tracheiden, welche dem zentripetalen Xylem äquivalent sein sollten; auch fand Worsdell einen langsamen Übergang zwischen den langen und dünnen Tracheiden des Protoxylems und den breiten und kurzen Zellen des Transfusionsgewebes.

In keinen einzigen Querschnitt eines Coniferen Blattes, welche für dieser Abhandlung gemacht wurde, ist eine Spur zentripetalen Xylems gefunden. Die Zellen bei *Ginkgo biloba* z.B., welche etwas ventral des Gefäsbündels liegen, sind keine Tracheiden, sondern Transfusionszellen; sie sind kürzer als die Tracheiden; auch unterscheiden sie sich von den Tracheiden durch die Form, Dünnwandigkeit, geringere Verholzung und eine andere Tüpfelung.

Auch nach Bernard (2, S. 255) hat Worsdell bei dem Blatt von *Ginkgo biloba* die sclerenchymatischen Zellen an der ventralen Seite des Gefäsbündels für zentripetales Xylem angesehen.

Dies ist m.E. sehr wahrscheinlich denn diesen Fehler hat Worsdell öfter gemacht, z.B. in der Abbildung 23, Fig. 5 (51), wo er die Zellen mit verdickten Wänden, links unten, angesehen hat für Transfusionsgewebe.

Bei *Cycas revoluta* hat dieser Autor denselben Fehler gemacht; er rechnet diese Zellen mit verdickten Wänden ausserhalb der Endodermis gleichfalls zu dem Transfusionsgewebe, nämlich in Abbildung 23, Fig. 2 (51).

Auch Jeffrey (16, S. 218) verneint ganz das Vorhanden-

sein zentripetalen Xylems bei den Blättern der Coniferen auch aus paläobotanischen Gründen und meint: das, was Worsdell als solches betrachtet, sei nur ventrales Transfusionsgewebe als Restante einer Transfusionsscheide, welche bei den Cretaceischen Pinusarten zu finden ist.

Bei *Cycas revoluta* besteht m.E. auch kein allmählicher Übergang zwischen den Transfusionszellen und den Tracheiden des zentripetalen Xylems. Die Elemente dieser beiden Gewebe sind ganz verschieden in Form, Länge, Wanddicke, Tüpfelung u.s.w., wenn sie auch nebeneinander liegen. Darum ist m.E. kein einziger Grund für die Worsdell'sche Behauptung vorhanden, dasz das Transfusionsgewebe dem zentripetalen Xylem entstamme.

Das Vorhandensein von Netzfaserverdickungen und Hoftüpfeln beweist auch nichts für die Abstammung aus dem Xylem. Diese beiden Eigenschaften haben sich jedoch nicht sehr typisch entwickelt. (Punkt 8 und 7 dieser Zusammenfassung). Die Verdickungen sind nicht immer netzartig, sondern sehr unregelmäsig und die Tüpfel eckig statt rund, bisweilen mit Zapfen versehen. Ausserdem ist es wohl möglich, dasz modifizierte Parenchymzellen typische Hoftüpfel besitzen.

Ein Beispiel davon findet man in der Publikation von Rothert (27, S. 275 f.f.). Rothert hat die sogenannten parenchymatischen Tracheiden, welche sich im Mark der Zweige von *Cephalotaxus* befinden, beschrieben. Diese haben ganz das Aussehen von Transfusionszellen. Nach Rothert sind sie den benachbarten parenchymatischen Zellen des Markes ähnlich, doch „in der Beschaffenheit und dem Bau der Membran“, sind sie ebenso vollkommen den Tracheiden des Holzes ähnlich, genau so wie die Transfusionszellen. Die Form ist parenchymatisch, meistens ein wenig ausgedehnt, mit senkrechten oder geneigten Querwänden. Hoftüpfel sind in allen Wänden zu finden; bei breiten Zellen ist die Anordnung derselben unregel-

mäsig oder auch wohl in 2—3 Längsreihen; bei engeren in einer Längsreihe in jeder Seitenwand. Sie sind bilateral; die an das Parenchym grenzenden sind unilateral; sie haben einen Torus; die Wände haben, wie die der Tracheiden, Verdickungen; diese erscheinen in verschiedenartigen Formen, genau so wie auf den Wänden der Transfusionszellen. Die jungen Marktracheiden besitzen noch Protoplasma und einen Zellkern.

Aus diesem kurzen Auszug ergibt sich deutlich, dass man es hier zu tun hat mit einem dem Transfusionsgewebe ganz analogen Zellenkomplex, aus Parenchym, mit Hofbüpfeln in den Wänden.

Aus dem Vorhergehenden folgt nun, dass diese Argumente Worsdells und Bernards nichts für die Abstammung aus dem Xylem beweisen.

In der Literaturübersicht sind die Gründe von Von Mohl, Carter und Takeda, welche annehmen, das Transfusionsgewebe sei modifiziertes Parenchym, bereits angegeben; deswegen werden sie hier nicht wiederholt.

Ausserdem gibt es auch noch wohl andere Argumente, welche sich bei der Entwicklung des Transfusionsgewebes ergeben haben und die gegen die Abstammung aus dem Xylem, aber für die Abstammung aus dem Parenchym sprechen. Sie lassen sich leicht aus den verschiedenen vorhergehenden Punkten dieser Zusammenfassung herausstellen und werden hier deshalb nur kurz erwähnt.

Dass die Transfusionszellen in Form und Abmessung denen des Parenchyms ähnlich sind, ist schon von einigen Autoren gezeigt worden; ebenso ist hingewiesen auf die unregelmäsig Anordnung ihrer Elemente und die Dünnwandigkeit der Zellen des Xylems.

Auch in seiner Entwicklung benimmt sich das Transfusionsgewebe ganz als Parenchym.

Der wesentliche Unterschied in der Entwicklung zwischen

Parenchym und Xylem ist wohl der, dasz der Teilungsprozesz der Zellen bei dem Parenchym viel schneller vor sich geht und auch früher beendet ist als bei dem Xylem, dasz aber auch umgekehrt der Entwicklungsprozesz bei den individuellen Parenchymzellen viel langsamer verläuft als bei denen des Xylems.

Betreffs des Teilungsprozesses der Zellen ist dies schon gezeigt worden bei der Besprechung der Primanen.

Auch der Entwicklungsprozesz der individuellen Zellen des Transfusionsgewebes stimmt ganz überein mit dem des Parenchyms; denn, ebenso wie die Parenchymzellen, erreichen auch die Transfusionszellen viel langsamer ihre normale Grösze und auch die Zellwände ihre normale Dicke, und im Zusammenhang hiermit findet die Verholzung wahrscheinlich nicht so schnell statt. Diese ist auch weniger intensiv.

Schlieszlich haben die Zellen des zentralen Transfusionsgewebes, ebenso wie die des accessorischen Transfusionsgewebes (Haberlandt 14, S. 133) und ebenso wie die parenchymatischen Tracheiden in dem Mark der Zweige von *Cephalotaxus* (Rothert 27, S. 286), einen protoplasmatischen Inhalt.

Es ergibt sich also, dasz vieles dafür spricht, die alte Theorie von Hugo von Mohl über das Entstehen des Transfusionsgewebes anzuerkennen.

Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Prof. Dr. J. C. Schoute meinen herzlichsten Dank auszusprechen für seine anregende Kritik und für seine stete Hilfsbereitschaft bei der Durchführung dieser Arbeit.

Groningen, Oktober 1933.

### Literaturverzeichnis.

1. Bary De, A., Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne, Leipzig, 1877, S. 170—172 und S. 395—398.
2. Bernard, Ch. Le bois centripète dans les feuilles de Conifères. Beih. z. Bot. Centr. bl., Bd. XVII, Heft 2, 1904, S. 241.
3. ———, Le bois centripète dans les bractées et dans les écailles des Conifères. Beih. z. Bot. Centr.bl. Bd. XXII, 1907, Abt. I S. 211.
4. Bertrand, C. E., Anatomie comparée des tiges et des feuilles chez les Gnetacées et les Conifères. Ann. Sc. nat., Bot. Ve Série, Vol. 20, Paris 1874, S. 5.
5. Boodle, L. A. and Worsdell, W. E., On the comparative anatomy of the Casuarinae, with special reference to the Gnetaceae and Cupuliferae, Ann. of Bot., Vol. VIII, London, 1894, S. 230.
6. Carter, M. Geraldine, A Reconsideration of the Origin of „Transfusion Tissue“. Ann. of Bot. Vol. XXV, 1911, S. 975—982.
7. Daguillon, Aug., Sur le polymorphisme foliaire des Abétiinées. Comptes rendus, Vol. 108, I, Paris, 1899, S. 108.
8. ———, Recherches morphologiques sur les feuilles des Conifères. Revue scientifique, Tome 46, 1890, S. 277.
9. ———, Recherches morphologiques sur les feuilles des Conifères. Revue gén. de Bot., Vol. II, 1890, S. 154.
10. Feustel, Anatomie und Biologie d. Gymnosp. blätter. Beih. z. Bot. Centr. bl., Abt. 2, Bd. 38, 1921, S. 177.
11. Frank, A. B., Beiträge z. Kenntn. d. Gefäsbündel. Bot. Zeit. 22, 1864, S. 167.
12. Le Goc M. J., Observations on the centripetal and centrifugal Xylem in the petioles of Cycads. Ann. of Bot., Vol. XXVIII, 1914, S. 183—193.
13. Griffin, E. M., The Development of some New Zealand Conifer Leaves with regard to Transfusion Tissue and to Adaptation to Environment. Transactions and Proceedings of the New Zealand Institute, Vol. XL, 1907, S. 43.
14. Haberlandt, G., Vergleichende Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems der Pflanzen, 1882. Pringsh. Jahrb., Bd. 13, 1882, S. 129.
15. ———, Physiol. Pflanzenanatomie, Sechste Auflage, 1924, S. 337.
16. Jeffrey, E. C., On the Structure of the Leaf in Cretaceous Pinus. Ann. of Bot., XXII, 1908, S. 218.

17. Karsten, Hermann, Die Vegetationsorgane d. Palmen. Abh. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin. Abh. v. 1847, Berlin, 1849, S. 232, Taf. VII, Fig. 4.
18. Kraus, Gr. Über den Bau d. Cycadeenfiedern. Pringsh. Jahrb. Vol. IV, Heft 3, Leipzig 1865/66, S. 305.
19. Lazaraki, Joseph, Beitr. zur vergl. Anat. d. Blätter einiger Cupressineen. Zeitschr. des Allgem. Österr. Apoth.-Verein., Jhrg. XVIII, Wien, 1880, S. 86.
20. Lignier, O., La nervation taeniopteridée des folioles de Cycas et le tissu de transfusion. Bull. Soc. Linnéenne de Normandie, 4e Série, Vol. 6, 1892, S. 65.
21. ——, La nervation des Cycadées est dichotomique. Ass. fr. pour l'avancement des Sc. Congrès de Caen, 1894, seconde Partie, S. 625.
22. Mahlert, Adolf, Beiträge zur Kenntnis der Anatomie der Laubblätter der Coniferen mit besonderer Berücksichtigung des Spaltöffnungs-Apparates. Bot. Centr. bl. XXIV, 1885, S. 54.
23. Mohl, H. von, Morphol. Betrachtung d. Blätter in Sciadopitys; Bot. Zeit. 29, 1871, S. 10.
24. Moll, J. W. and Janssonius, H. H., Botanical Pen-portraits, 1923.
25. Pilger, R., Kritische Übersicht über die neuere Literatur betreffend die Familie der Taxaceae. Bot. Jahrbücher, Bd. 54, Heft 1.
26. Pool, D. J. W., On the Anatomie of Araucaria Wood. Diss. Groningen, 1929.
27. Rothert, W., Über parenchymatische Tracheiden und Harzgänge im Mark von Cephalotaxus-Arten. Ber. d. d. bot. Ges. XVII, 1899, S. 275.
28. Sachs, Julius, Lehrbuch d. Botanik. 1870, S. 68 und 437.
29. Sanio Karl, Einige Bemerkungen über den Bau des Holzes. Bot. Zeit., 1860, S. 193—198.
30. ——, Anatomie der gemeinen Kiefer (*Pinus sylvestris*). Jahrb. f. Wiss. Bot., Bd. 9, S. 79—96.
31. Saxton, H. T., Notes on Conifers. Ann. of Bot., Bd. 44, 1930, S. 167.
32. Scheit Max, Die Tracheidensäume d. Blattbündel d. Coniferen. Jenasche Zeitschr. für Naturwiss. Ges., XVI, 1883, S. 615.
33. Schuster J., Das Pflanzenreich, herausgegeben von A. Engler (†) IV, I, Cycad., 1932, S. 33.
34. Scott, Studies in fossil Botany. London.
35. Seward and Gowan, The Maidenhair-Tree (*Ginkgo biloba* L.). Ann. of Bot., Vol. XIV, 1900, S. 109.

36. Sifton, H. B., Some characters of xylemtissue in Cycads, Bot. Gaz. 70, 1920, S. 425—435.
37. Strasburger, E., Das botanische Practicum. Jena.
38. ——, Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen. Jena, 1891.
39. Takeda, H., A Theory of Transfusion Tissue. Ann. of Bot., Vol. XXVII, 1913, S. 359.
40. Thomas, F., Zur vergl. Anat. d. Coniferen. Laubblätter. Pringsh. Jahrb. IV, Heft 1, 1865—'66, S. 23.
41. Tieghem, Ph. v., Sur le sec. bois prim. de la racine. Bull. soc. bot. de France, Vol. 34, Paris, 1887.
42. ——, Structure et affinités des Abies et des genres les plus voisins. Bull. bot. de France, Vol 38, Paris, 1891, S. 406.
43. ——, Struct. et aff. du Sachycarpus. Idem, Vol. 38, 1891, S. 162.
44. ——, Struct. et aff. du Cephalotaxus. Idem, Vol. 38, 1891, S. 185.
45. ——, Sur les tubes criblés extralibériens et les vaisseaux extraligneux. Journ. de Bot., Vol. V, 1891, S. 117.
46. ——, Traité de Botanique, 2e édition, Paris, 1891.
47. ——, Pérycycle et péridesme. Journ. de Bot. IV, 1890, p. 433.
48. Vetters, Die Blattstiele d. Cycadeen. Diss. Leipzig, 1884.
49. Wettstein, R. v., Über die Verwertung anatomischer Merkmale zur Erkennung hybrider Pflanzen. Sitz. ber. d. k. k. Akad. d. Wiss., 17 Nov., 1887, p. 312.
50. Wieland, G. R., Histoire fossil Cycads. Am. Journal of Sci., 4e Série, Vol. 25, 1908.
51. Worsdell, W. C., On Transfusion-Tissue, its origin and function in the leaves of Gymnospermous Plants. Trans. Linn. Soc. (2) V, 1897, p. 301.
52. ——, On the origin of Transfusion-Tissue in the leaves of Gymnospermous Plants. Journ. of the Linnean Soc. Bot., Vol. XXXIII, 1897, p. 118.
53. Ziegenspeck, Die Nadeln der erwachsenen und keimenden Koniferen und die Phylogenie dieser Klasse, eine phylogenetisch-anatomische Studie. Bot. Arch., 26, 1929, p. 257.
54. Zimmermann, A., Über das Transfusionsgewebe. Flora, nr. 1, 1880.