

# Anlage und Teilung der Tüpfel des sich stark streckenden Grundgewebes im Lichte der Dichroskopie

Von

H. ZIEGENSPECK (Augsburg)

Eingelangt am 26. Juli 1952

Seit langem untersucht man die Gewebespannung an Längsscheiben durch Abtragen von Ober- und Unterseite z. B. eines Stengels. Nicht völliges Hälfen dieser Scheiben läßt ein Klaffen eintreten, wenn das Mark gegen die Außenteile der Stele und der Rinde in positiver Spannung sich befindet. Durch Einlegen in Wasser, also Absättigen der potentiellen Saugkraft wird dieses Hinausbiegen noch verstärkt. Infolge der Überdehnung solcher Gewebe wird die Verbiegung nicht mehr völlig rückgängig, wenn man abtötet oder plasmolysiert. Hingegen bleibt das Gewebe bei Entspannung vor dem Schneiden in seiner ursprünglichen Form.

Verfolgt man die Gewebespannung von Internodien derselben Sprosse oder an analogen Stadien verschiedener Sprosse, so kann man die Orte der größten potentiellen Gewebespannung erkennen. In Ergänzung alter Untersuchungen von DE VRIES und eigener Untersuchungen (ZIEGENSPECK 1938—1941) haben wir bei unseren Versuchspflanzen (*Atropa Belladonna*, *Artemisia Absinthium*, *Bryonia dioica*, *Humulus Lupulus*, *Equisetum arvense*, *Dryopteris Filix-mas*, *Asparagus officinalis* u. a. m. weitere Untersuchungen ausgeführt.

Die seit SACHS allgemein bekannten Erscheinungen der großen und kleinen Periode des Wachstums, die in jedem Lehrbuche der Botanik behandelt werden, kann man auch auf diesem Wege darstellen. Die aktiven Gewebe dieser Streckung bestehen, wie SCHÜEPP 1926 dargetan hat, aus Zellreihen, sogenannten Rippenmeristemen. Die kleine Periode ist durch Zellteilung und somit Ausbildung der Rippenmeristeme gekennzeichnet, die große aber durch Zellstreckung im Sinne des Gegenmicelldehnungssatzes, also durch Streckung gegen die quermicellaten Längswände (ZIEGENSPECK 1942 a). Da die Tüpfel im Sinne der Micellierung, wie wir seit langem wissen, gestreckt sind, so lag es nahe, ihre Anlage und Rolle bei dieser Streckung zu verfolgen.

## Fragstellung und Methodik

Die Ergebnisse der Elektronenmikroskopie (FREY WYSSLING 1949, MÜHLETHALER) und auch die verbesserten Methoden der Lichtmikrosko-

pie (ZIEGENSPECK 1951, 1952) haben eine Präzision der Anschauungen über den Membranaufbau gebracht und damit eine Betrachtung älterer Probleme im neuen Lichte erforderlich gemacht. Wir hoffen durch Anwendung der verfeinerten Methoden der Lichtmikroskopie einen Beitrag hierzu zu liefern, da uns leider ein Elektronenmikroskop nicht zur Verfügung steht. Aber das Lichtmikroskop bietet gewisse Vorteile durch den besseren Überblick über das ganze Gewebe. Zumal die Methodik der Dichroskopie schien uns besonders geeignet, weil sie feinste und allerfeinste Membranteile darzustellen gestattet, ohne daß die Pektinlamellen sonderlich stören. Der Einwand von Kunstprodukten, der von manchen Seiten gegen die Bilder der Metallbeschattung vorgebracht wird (LEHMANN 1952), kommt hierbei nicht in Frage. Der Firma E. LEITZ und REICHERT sei an dieser Stelle für die Bereitstellung und Lieferung von Instrumenten besonders gedankt. Das binokulare Sehen und die vorzüglichen Polarisatorplatten des Biopol haben mir die Arbeit wirklich erleichtert. Das spannungsfreie Objektiv 1/7 PFI Immersion ist ein sehr gutes Kompromiß von Tiefenschärfe und Auflösung, das zumal beim Mikrophotographieren mit der Leica von Bedeutung war. Die Darstellung der gesehenen Bilder durch die Mikrophotographie ist zur Wahrung der Objektivität bei solchen Untersuchungen zu empfehlen, auch wenn die Wiedergabe in der Publikation nicht möglich sein sollte.

Ich habe vornehmlich mit den Färbdichroismus gearbeitet (ZIEGENSPECK 1940), bei dem die Membranine durch substantive Farben vor allem Benzoazurin positiv zur Schwingungsrichtung der Polarisations-ebene gefärbt werden. Oft kann man durch Phasenkontrast und Gelbscheiben oder Hellgrünscheiben komplementärer Natur zur Farbe noch ein Verstärken der Kontraste hervorrufen. Es gelingt so, infolge der fehlenden oder schwachen Anfärbung der Pektinlamellen die allerfeinsten Mikrofibrillen oder deren Bündel die Fila (ZIEGENSPECK 1951, 1952) auch mit dem Lichtmikroskop gerade noch oder gut darzustellen. Oft wird man Objektive mit höchsten numerischen Aperturen zur subjektiven Beobachtung einsetzen. Wir haben hierzu solche von WINKELZEISS, LEITZ und REICHERT angewendet. Zur Mikrophotographie eignen sie sich aber im allgemeinen für diesen Zweck weniger, weil sie nur geringe Tiefenschärfe haben können. Oft kann man sich durch Aperturblenden das richtige Kompromiß herausuchen; das gelingt z. B. sehr gut bei REICHERT 1/100/1,25. Die Präparation ist öfters behandelt worden (ZIEGENSPECK 1940). Am besten kommt man mit Einbetten und Mikrotomieren zu feinsten Schnitten unter vorherigem Aufhellen und Anfärben zum Ziele, aber auch mit den Handschnitten kann man gute Bilder erreichen, wobei man den Vorteil der Beobachtung ganzer Zellen hat. Aufhellen in Eau de Javelle, Anfärben mit Benzoazurin und Einlegen in Euparal ist zu empfehlen.

Zum Vergleich wurde die Karyologie der Zellen mit Phasenkontrast und eventueller Färbung nach GEITLER (1940, 1949), mit Carminessigsäure herbeigezogen. Quetschpräparate und Kochen sind beim Studium von Ruhekernen aber nicht empfehlenswert, weil es sich hier um histologische Beobachtungen handelt. Um auch an dickeren Schnitten den Phasenkontrast zu gebrauchen, wandte ich das Aufhellen in Phenolgemischen mit Glyzerin, Essig und Milchsäure oder auch Milchsäure allein an. Eigenartiger Weise bleibt vom Zellinhalte der Kern fast allein sichtbar. Allzulanges Aufheben der Präparate verbieten jedoch die dann beobachtbaren Verquellungen. Man muß auch hier das Richtige für das Einzelobjekt herausuchen. Oft bewährte sich die Modifikation des GEITLERSchen Verfahrens mit Härtosol und Euparal für Ruhekerne und die Beobachtung mit Phasenkontrast mit der WINKEL-ZEISSschen, REICHERTSchen oder LEITZschen Apparatur, die ich vergleichend anwenden konnte.

#### Zusammenfassende Darstellung der Entwicklung der Rippenmeristeme des Grundgewebes (des Markes)

Obwohl eine getrennte Darstellung bei verschiedenen Objekten wie treibenden Sprossen von *Atropa Belladonna*, *Humulus Lupulus*, *Bryonia dioica* etc. sich lohnen würde, so muß aus Raummangel eine Zusammenfassung an Hand besonders günstiger Objekte wie Frühjahrsschößlingen von *Atropa Belladonna* und *Humulus* stattfinden. Aus gleichem Grunde lassen wir die Schilderung des Geschehens in der Epidermis, Rinde, Siebteilen und Markstrahlen bei Seite, obwohl es genau verfolgt wurde.

#### A. Vegetationspunkt und die ersten kaum gestreckten Internodien

Die Kernbilder ergaben wenig Neues. Die lebhaften Kernteilungen beginnen mit dem Abwandern der Kerne in die Zellmitte der wenig gestreckten Zellen. Der Nukleolus löst sich, die Chromosomen gliedern sich ab, die Spindel richtet sich nach der Quermicellierung (ZIEGENSPECK 1942). Auch die neue Querwand gliedert sich in die Micellierung ein. Die niederen Zellen werden von den Kernen fast in der Mitte ausgefüllt, wenn auch der Kern der neuen Querwand  $\pm$  anliegt. Von Vakuolen ist nichts oder fast nichts zu sehen. Auf andere Inhaltsstoffe muß bei dieser Schilderung verzichtet werden. Das Plasma erfüllt fast die ganze Zelle und seine Vermehrung und „Quellung“ treibt die Zellen auf. Im eigentlichen Vegetationspunkte und noch im ersten kaum gestreckten Internodium (SCHÜEPP 1926, ZIEGENSPECK 1942 b) ist die Zellwand sehr fein. Es liegt fast nur Pektin vor (MARTENS 1937, 1947). Die Färbung mit Benzoazurin, die als substantive auf die „Zellulosen“

geht, ist so schwach, daß man zwar den Färbdichroismus gewahren kann, aber keine Einzelheiten des Membranbaues zu erschließen vermag. Die Mutterzellen der Rippenmeristeme haben also zwar eine quere Hauptrichtung der „Micelle“, aber nicht eine ausschließliche ungestreute. Man kann mit MARTENS von einer gemeinsamen Pektinlamelle reden. Längsteilungen (ZIEGENSPECK 1942 b) bringen eine Vermehrung der Rippenmeristeme und Ausweitung des Organes hervor.

#### B. 2.—4. Internodium mit Überwiegen der Zellteilung

Das zweite Internodium hat etwa 0,76—1 mm Länge; bei geringfügiger Streckung hat Zellverbreiterung und Vermehrung ein kräftiges Mark innerhalb der Stele erzeugt. Auf Längsschnitten sind seine Zellen unmittelbar vor der Zellteilung etwa 40  $\mu$ , unmittelbar darnach 20 + 20  $\mu$  lang, also schmal, ohne daß stärkere Färbung mit Benzoazurin erfolgt.

Die Verbreiterung überwiegt im dritten Internodium (1,5 mm lang). Die geringe Streckung des ganzen Organes ist auf Kosten der Zellteilung zu setzen, da zwar die Rippenmeristeme deutliche Reihen bilden, aber die Zellen bei Verbreiterung immer noch 40 bzw. 20 + 20  $\mu$  Länge haben. Die Pektinwandung ist ziemlich unverändert geblieben. Selbst im vierten Internodium (3 mm) beruht die Veränderung auf Zellteilung, wenn auch die Rippenmeristeme deutlich hervortreten.

Im Querschnitte des Stengels vermißt man die Interzellularen fast völlig. Die Pektinwände lassen sich schlecht mit Jodreagenzien und Benzoazurin darstellen, dagegen mit Hämatoxylin und Eisentannat (STRASBURGER 1923, 1949) sehr gut. Zumal die letzteren Färbungen mit Eisen- und Aluminium-Lacken lassen sich gut mit den Forschungen von HENGLEIN (1950) und den COOH-Gruppen vereinbaren. Einzelheiten liegen außerhalb der Fragestellung dieser Arbeit.

#### C. 5. Internodium. Vorbereitung der Zellstreckung durch Turgordruck

Die Teilungsbilder der Kerne treten zurück, um endlich ganz zu schwinden. Öfters noch erfolgt die Zellteilung in Richtung der Längsachse des Stengels (ZIEGENSPECK 1942 a) und führt zur Vermehrung der Rippenmeristeme und Verbreiterung des Markes. Auf Zellquerschnitten liegt der Kern in der Mitte einer Plasmaspinne in Mitte der Zelle, um ihn herum scharen sich Stärkekörner. Das Chromatingerüst ist bei richtiger Präparation ganz feinkörnig, oft kaum gekörnelt. Der Nukleolus ist auffallend groß (LÜHR 1928) die Höfe und die Körnchenabspaltung bezeugen wohl die starke Fermenterzeugung im Kerne. Die Vakuolen der Zellen treten in Tätigkeit. Die Längsschnitte zeigen eine

Kernlage an den sich noch verbreiternden Querwänden der Zellen, oft sogar in benachbarten Zellen paarweise gegenüber. Die Verbreiterung der Zellen und ihrer Querwand erfordert offenbar eine starke Wandbildung und fermentative Tätigkeit des Kernes (HABERLANDTSche Regel!)

Die Breite der Zellen ist auf (52)—55—60—(65)  $\mu$  gestiegen und die Kerne haben 15—17  $\times$  10—13  $\mu$ . Die Querwände besitzen von nun ab einen ausgesprochen reticulaten Bau mit ihren kleinen Tüpfeln (ZIEGENSPECK 1951 a). Die zahlreichen Tüpfelchen sind rund, isodiametrisch mit 3  $\mu$ . Die Fila zwischen ihnen durchziehen wie ein Netz die ganze Wand und erscheinen abwechselnd im Dichroismus bei  $\perp$  Stellung zum Nikol. Oft haben sie unter 1  $\mu$  Breite, aber sie kann bis auf 3  $\mu$  steigen. Chemisch betrachtet haben sie schwachen Amyloidschimmer und kräftige Collosereaktion. Neu ist das Auftreten von Interzellularen und der Auflagerung der Primärlamellen an der angrenzenden Wand. Die Pektinlamelle (oder Pektinlamellen-Verschmelzung) ist an diesen Stellen gerissen.

Da die Einzelzustände des Internodiums nicht gleich sind, so nehmen wir eine Untergliederung (a, b etc.) der Beschreibung vor.

a) Auf Längsschnitten ist der Aufbau der Rippenmeristeme sehr deutlich, wenn auch deren Einzelzellen sehr schmal sind, 22—29  $\mu$  vor und 14  $\perp$  14—15  $\perp$  15  $\mu$  nach Zellteilung. An den Längswänden um die den Rippen entlang ziehenden Interzellularen findet sich eine solide Primärlamelle, die quermicellat ist. Mit Chlorzinkjod und weniger mit Jodsalzsäure sind sie stark querdichroitisch. An besonders günstigen, jungen Stellen z. B. bei *Equisetum* kann man deutlich in dieser Reaktion einen Aufbau aus hauchdünnen Mikrofibrillen erkennen, als Kennzeichen eines allmählichen Aufbaues der Primärwand.

Hingegen beharrt der zwei Zellreihen gemeinsame Mittelstreifen der Zellen auf seiner schwachen Färbung der Pektinlamelle. Diese Differenzierung der Wand mit Safranin unter Tanninfixation oder mit Acridinorange nachzuweisen, gelang nicht. Diese Wandteile sind von Plasmodesmen durchzogen, die die Zellreihen seitlich verbinden.

b) Zuerst in der Markmitte, dann jedoch nach außen fortschreitend, beginnt eine weitere Differenzierung, wobei zur Beobachtung solche Objekte vornehmlich geeignet sind, welche später durch Zerreißen eine Markhöhle erhalten (Gramineenstengel (ZIEGENSPECK 1941) oder *Humulus* und *Bryonia*). Es kommen zunächst ganz feine Fila quer durch die Zellen ziehend zum Vorschein. Die etwa 5 Querbinden sind zunächst kaum sichtbare Mikrofibrillen, welche sich zu breiteren, gut kenntlichen Fila erweitern. Die allerfeinsten Fibrillen erkennt man am ehesten durch Zusammenwirken von Dichroismus und Phasenkontrast oder mit

dem Gipsplättchen und gekreuzten Nikols beim Beobachten gefärbter Schnitte. Vielfach kann auch der Berek-Kompensator mit Erfolg verwendet werden. Die Additionsstellung beim Gipsplättchen und die Subtraktionsstellung beim Berek geben die deutlichsten Bilder. Diese meist quer, seltener, zumal an den Enden etwas schief gestellten Fila schwellen immer mehr an und bilden feine Spangen von Primärlamellen, welche von der soliden Umkleidung der Interzellularen durch das Tüpfelfeld der Zellmitte ziehen und dieses damit in Schließhautfelder mit Plasmodiesmen zerteilen. Die Zahl der Schließhäute der Tüpfel ist etwa 5 nach der Zellteilung. In ihnen beobachtet man während der Zellstreckung wieder feinste Fibrillen und dann Fila, die damit die Schließhaut weiter aufteilen.

c) Am Grunde des 5. Internodiums führt der Mittelteil der Rippenmeristeme ein eigenartiges Spangengeflecht. Die Fila werden zum Teil schief gezogen und es erfolgt eine seitliche Aufteilung der Schließhautreihe in 2—3 Reihen. Hervorheben möchten wir, daß seitlich aneinanderstoßende Rippenmeristeme gleichsinnig aufgeteilt werden. Es ist die Zahl von 8—10 solcher Schließhautreihen in der Längsreihe der Zelle vorhanden. Die Teilungswand wird in der Mitte eingezogen und so werden zunächst Reihen von Schließhäuten mit der Zahl von etwa fünf gebildet. Auch diese werden bei Längsstreckung der Zellen wieder aufgeteilt, bis etwa die Zahl 10 erreicht ist. Die breitesten Schließhäute maßen 3—4  $\mu$ , die Breite der Spangen 0,1—1,0—1,5 bis 3  $\mu$ . Die Hauptmasse der Mittelwand wird immer noch von den Schließhäuten und somit den Abkömmlingen der Plasmodiesmen führenden Mittellamelle eingenommen, welche sich als Pektinlamelle nur schwach oder kaum dichroitisch anfärbt. Wir erwähnen, daß diese Aufteilung durch feine Fäden (Fila) auch bereits von STRASBURGER (1923, 1949) ohne Deutung bis in die neuesten Auflagen erwähnt wird. Jedoch ist die Anfärbung mit Hämatoxylin nicht so gut wie die dichroitische Färbung mit Benzoazurin und anderen Substantiven.

Die etwa 4 mm langen, aber 4 cm breiten entsprechenden Internodien von *Belladonna* ergaben unmittelbar nach dem Hälfen kaum ein Klaffen, nach Einlegen in Wasser bogen die Hälfen stark nach außen um.

Während die zwei nächsten Internodien von *Belladonna* nur 5 mm lang und 6 mm breit sind, also bei geringer Streckung starke Verbreiterung erlitten, verhalten sich die entsprechenden Internodien des Hopfens analog denen der obigen Pflanze. Im Einklang damit war die Breite der Markzellen der Tollkirsche (65)—70—75—(80)  $\mu$ , die Länge infolge noch öfterer Teilung (42)—45—50—(60)  $\mu$ . Die Kerne lagern zumeist an den Querwänden, wo Wandbildung stark erfolgt; die Fila

der Querwände sind immer noch schmal, wenn auch die Schließhäute sich auf 4—5 $\mu$  geweitet haben.

#### D. Die Streckung der Zellen der Rippenmeristeme und die Streckung des Internodiums

Wir wollen zunächst die Verhältnisse bei *Atropa* schildern, die mit ähnlichen Internodien von *Artemisia* etc. übereinstimmt. Das Internodium hat 1 cm Länge erreicht, während die Breite nur auf 8 mm gestiegen ist. Die Organscheiben klaffen schon unmittelbar nach dem Schnitte und ganz stark nach Wässern. Im Einklange damit ist die Zellbreite nur auf (75)—80—90—(100)  $\mu$  angewachsen, dagegen die Länge auf doppelte Ausmaße (86)—100—110—(120)  $\mu$ . Die Kerne von 16—20  $\mu$  lagern an den Längswänden, die nunmehr die Orte der Wandbildung geworden sind. Die Querwände der Zellen führen in retetilater Anordnung breitere Spangen auf Kosten der Schließhäute.

Im Ganzen, bei schwacher Vergrößerung betrachtet, fällt die deutlichere Anfärbung der ganzen Längswände auf. Die Anzahl der Schließhäute der nun deutlichen Tüpfel ist gleichgeblieben, aber die Breite der vorher sehr schmalen Schließhäute hat sich auf 8—10  $\mu$  verdoppelt. Jedoch ist auf dieses Konto nicht mehr allein die Zellstreckung zu setzen, auch die Spangen haben sich auf 8—15  $\mu$  verbreitert. Man kann nunmehr von einer Primärwand reden, welche im Mittelfelde von reichlichen, einander genäherten Tüpfeln durchsetzt ist.

Die beiden folgenden Internodien erreichen eine Streckung auf 15 bzw. 17 mm unter geringer Verbreiterung auf 9—10 mm. Die Breite der Zelle mißt 100—140  $\mu$ , die Länge 70—80—100—150—(170)  $\mu$ . Die Kerne lagern weiterhin zumeist an den Längswänden und in ihnen finden sich die Bilder der Körnchenabspaltung und Kernvakuolen. Amyloid ließ sich nur als Schimmer, die Kollose durch kräftige Reaktion nachweisen.

Die Querwände haben eine ausgeprägte Retefilierung zwischen den kleinen zahlreichen Tüpfeln. Die Wandteile nehmen offenbar zu und endlich findet man nur mehr circomicellate kleine Tüpfel in großer Zahl. In den Längswänden haben sich bereits etwa 15—24  $\mu$  breite, solide Wandteile gebildet, die deutlich quermicellate Primärwände darstellen und im Sinne des Gegenmicelldehnungssatzes nachgeben. Durch die Abtrennung der sich immer noch weiter teilenden Tüpfel durch Fibrillen, Fila und Spangen entstehen Tüpfelgruppen. Ohne starke Beteiligung der Tüpfel wird die Hauptstreckung durch die Wandteile vorgenommen. Endlich ist die Micellierung um die Tüpfel an den schmalen Enden längs gerichtet, die circomicellaten Tüpfel sind abgeschirmt. Das weitere Schicksal der Internodien wollen wir nicht schildern.

Die dem obigen 6. Internodium entsprechenden von *Humulus Lupulus* und *Bryonia dioica* hatten ihre Länge von 0,5 mm auf 2 cm gestreckt,

während kaum eine Verbreiterung eingetreten war. Die Zellen der Markmitte sind zerrissen worden, je weiter nach dem Bündelring zu die Markzellen liegen, desto mehr Teilungen; je näher der Markhöhle, desto größer die aktive und später passive Streckung. Wir haben diese Dinge für die Grashalme geschildert und wollen das nicht hier wiederholen (ZIEGENSPECK 1941). Die Zelllänge vor der Teilung beträgt (36)—40—45—(50)  $\mu$  und die Anzahl der Tüpfel etwa 10 Stück. Hingegen ist die Länge nach der Teilung  $18 + 18 - 22 + 24 \mu$  und die Zahl der Tüpfel (5)—6. Die Tüpfel der längeren Zellen sind breiter und oft von Fila etc. durchzogen. Die Anordnung zu Gruppen von 2—3 kleineren Tüpfeln fällt auf. Ein anderes 6. Internodium hatte sich auf 5 cm, also bis zu  $\frac{1}{6}$  des Endzustandes gestreckt; die Ausmaße der Zellen vor der Teilung betragen (50)—55—65—(70)  $\mu$ , die Tüpfelzahl 9—10—11, nachher  $24 + 26 - 35 + 30 \mu$  und 6 bis 7. Unverkennbar waren die soliden Primärwandanteile zwischen den Tüpfeln am meisten gewachsen. Je näher der Markhöhle, desto längere Zellen und zahlreichere Tüpfel sind in ihnen. Offenbar bestand ein Annäherung an das folgende Internodium. Das halbausgestreckte 7. Internodium besaß sehr lange Zellen (90—150  $\mu$ ). Nur selten gewährte man kürzere geteilte Zellen mit  $30 + 32 - 40 + 42 \mu$ . Die Tüpfelzahl war allgemein auf 10—15 angewachsen. Fila und Spangen in ihnen sowie die Anordnung zu Gruppen waren sehr häufig. Wenn auch deutlich eine Verstärkung der Primärwand an den Querwänden der Tüpfel auftauchte, so fehlte die antagonistische Micellierung der Schmalseiten völlig. Die Tüpfel sind noch aufteilbar. Die Wandteile zwischen den Tüpfeln und Tüpfelgruppen sind mächtiger geworden. Ein ausgestrecktes 8.—9. Internodium von 15 cm besaß Zelllängen von 200—250  $\mu$ . Stark ist die Zahl der Tüpfel auf 20—22 gestiegen. Filierung derselben trat zurück, Gruppenbildung zu 2—3 überwog. Die letzte Streckung hatte offenbar ganz im Sinne des Gegenmicelldehnungssatzes in der soliden Primärwand stattgefunden, auch die Tüpfelteilung war mehr einer Gruppenbildung gewichen. Wir betonen, daß immer noch die Tüpfel korrespondierender Zellen gemeinsam verbunden bleiben.

Endlich findet man bis 25 Stück Tüpfel in undeutlichen 2—3 Längsreihen. Sie runden sich ab und haben auch an den Schmalseiten deutliche circomicellare Gestaltung. Diese kann man selten gut mit dem Berek nachweisen.

#### E. Verhältnisse in einer Spargelstange

Zum Schlusse mögen noch einige Zahlen für die sehr starke Zellstreckung beim Frühjahrstrieb des Spargels erwähnt werden. Der Beginn des Grundgewebes im „Kopfe“ weist wenig Unterschiede auf. In etwa 2 cm von der Spitze haben die 40—65  $\mu$  langen und 40—55  $\mu$  breiten

Zellen etwa 10—15 Tüpfel von etwa 1—2  $\mu$  Breite. Die Tüpfelfelder sind abweichend von den oben geschilderten nicht nur an den Seiten, sondern auch oben von solider Primärwand eingesäumt. Die Breite der Spangen beträgt 1—3—(4)  $\mu$ . In den Schließhäuten verlaufen deutliche, oft schief gestellte Fila, wie es für Tüpfelreihen geschildert ist, welche seitlich auseinanderweichen. Die Spargelstange ist in 5 cm von der Spitze noch völlig weich. Zellen sind auf 80—220  $\mu$  verlängert und auf 60—75  $\mu$  verbreitert. Hand in Hand damit geht eine Vermehrung der Tüpfelzahl auf 15—22 und zugleich ein seitliches Auseinanderziehen der Reihe. Die Zellverbreiterung ist offenbar größtenteils auf Kosten der Tüpfelzone geschehen. Die Breite der Tüpfel wechselt zwischen (1)—1,5—3  $\mu$ , wobei die schmälere Tüpfel zu Gruppen von 2—3 genähert bleiben. Die schmälere Spangen letzterer sind nur 4—5  $\mu$  hoch, während die soliden Wände zwischen den filiarten Schließhäuten breiter Tüpfel 8—12  $\mu$  messen. Die Tinktion dieser Wände gleicht völlig der der Primärwände gegen die hier nicht nur seitlichen Interzellularen. Der Querschnitt der Zellen weist eine geschlossene Primärwand im Sinne von MARTENS 1937, MARTENS und PIGNEUR 1947 auf. 10 cm von der Spitze beginnt die Verfestigung und Verholzung des mechanischen Ringes, womit das Streckungswachstum der Spargelstange beendet ist. Die Zellen haben sich im Grundgewebe ohne Verbreiterung auf (300)—400—500  $\mu$  verlängert. Die gegenseitige Entfernung der Tüpfel bzw. Tüpfelgruppen ist nunmehr (12)—20—30  $\mu$ . Auch die Anzahl der Tüpfel stieg auf etwa 40, die in 2—3 Reihen gestellt sind. Die ziemlich schmalen Einzeltüpfel sind in Gruppen bis zu 5 Stück gestellt. Dazwischen finden sich schmälere Spangen. Diese großen Ausmaße der Zellstreckung gehen nun im Kleide der quermicellaten Primärlamellen in der Colloseform von statten. Die Aufteilung der Tüpfel in Gruppen etc. läuft daneben korrespondierend in benachbarten Zellen weiter.

#### Z u s a m m e n f a s s u n g

1. Der Dichroismus substantiv mit Benzoazurin oder durch Jodreaktionen gefärbter Wände ist geeignet, die Entstehung der Primärwand als gerade noch mit dem Lichtmikroskop sichtbare Mikrofilbrillen zu erkennen. Diese verbreitern sich zu immer deutlicher sichtbaren Fila und Spangen.

2. Die Pektinlamelle ist ursprünglich gleichmäßig von Plasmodiesmen durchzogen. Es bilden sich infolge Auseinanderweichen Interzellularen aus, die lokal im Zellinneren durch solide Primärlamellen ausgekleidet werden. Die sonstige Pektinlamelle bildet große Plasmodiesmenfelder zwischen benachbarten Rippenmeristemen. Diese werden ebenso wenig angefärbt, wie die sonstige Pektinlamelle, falls man die obigen Färbmethoden anwendet.

3. Koordiniert in benachbarten Rippenmeristemen erfolgt die Aufteilung der Plasmodesmenfelder zu Schließhäuten durch Einziehen von Mikrofibrillen, Fila und Verbreitern derselben zu Spangen. Die Tüpfel werden immer durch Aufteilen schon vorhandener bei Streckung und Zellteilung gebildet. Nach Beendigung der Zellteilung erfolgt gleichartig Aufteilung der Tüpfel zu Tüpfelgruppen und Einzeltüpfeln. Das wahrt das Korrespondieren in benachbarten Rippenmeristemen. Eine Neuanlage durch Durchbohren der Wandung ist in diesen Fällen nicht nachzuweisen. Weitere Untersuchungen müssen ergeben, ob das immer der Fall ist und nicht doch anderswo eine wirkliche Neuanlage innerhalb der Primärlamelle erfolgt. In der Pektinlamelle erfolgt sicher ein Durchbohren von neuen Plasmodesmen, was durch die offenbar netzige Struktur derselben nach HENGLEIN erleichtert ist.

#### L i t e r a t u r

- FREY-WYSSLING 1949. Sublichtmikroskopische Morphologie. Fortschr. Bot. 12: 68—85.
- GEITLER L. 1949. Schnellmethoden der Kern- und Chromosomenuntersuchung. 3. Aufl. Wien.
- HENGLEIN 1950. Pektinforschungen des Inst. für chem. Technik der techn. Hochschule Karlsruhe, 1940—1950. Forsch. und Fortschr. 26: 185 bis 187.
- LEHMANN F. 1952. Mikroskopische und submikroskopische Bauelemente der Zelle. In: Mikroskopische und chemische Organisation der Zelle. Berlin—Göttingen—Heidelberg.
- LUEHR 1928. Vorgänge in sich differenzierenden und streckenden Pflanzenzellen. Bot. Arch. 21.
- MARTENS P. 1937. L'origine des espaces intercellulaires. Cellule 46: 355.
- et PIGNEUR H. 1947. Les espaces intercellulaires. Cellule 51: 187 bis 192.
- SCHÜEPP O. 1926. Meristeme. LINSBAUER: Handb. der Pflanzenanatomie, IV. Berlin.
- SRASBURGER E. 1923. Das Botanische Praktikum, 7. Aufl. Jena.
- und KÖRNICKE M. 1949. Das kleine Botanische Praktikum. 11. Aufl. Jena.
- ZIEGENSPECK H. 1938. Die Micellierung der Turgeszenzmechanismen. Bot. Arch. 39: 268—309.
- 1940. Dichroskopie und Metachroskopie. Protoplasma 35: 238—269.
- 1941. Streck- und Wachstumsmechanismen der Gramineen. Beih. bot. Centrbl., Abt. A, 60: 483—556.
- 1942 a. Beziehungen zwischen der Lage und Teilungsfigur der Kerne und des Protoplasmas einerseits und der Wandmicellierung andererseits. Protoplasma 36: 514—545.
- 1942 b. Die Micellierung der Achsenmeristeme und ihre Bedeutung für die Wachstumsrichtung. Bot. Arch. 43: 169—190.

- ZIEGENSPECK H. 1951 a. Die Leptonik erklärt den duktilen Bau der Lianensprosse von *Clematis Vitalba*. *Protoplasma* 40: 298—312.
- 1951 b. Der submikroskopische Bau des Holzes im Vergleich mit den Fasern im allgemeinen, HUGO FREUND: *Handbuch der Mikroskopie V* (1). Frankfurt a. M.
- 1952. Über den Aufbau der Wandungen von *Cladophora glomerata* im Lichte der verfeinerten Methode der Lichtmikroskopie. *Protoplasma* 41: 15—20.
- (ined.) Der Nachweis feinsten Zellulose-Fila bei dem Aufteilen der Tüpfel mit Hilfe dichroitischer Färbung (*Vicia Faba*).

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1953

Band/Volume: [4\\_4](#)

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

Artikel/Article: [Anlage und Teilung der Tüpfel des sich stark streckenden Grundgewebes im Lichte der Dichroskopie. 300-310](#)