Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 4 (1949)
Heft: 9

Artikel: Die Struktur der Zellwände
Autor: Mühlethaler, Kurt
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-654429

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 30.11.2025

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

Die Struktur der Zellwände

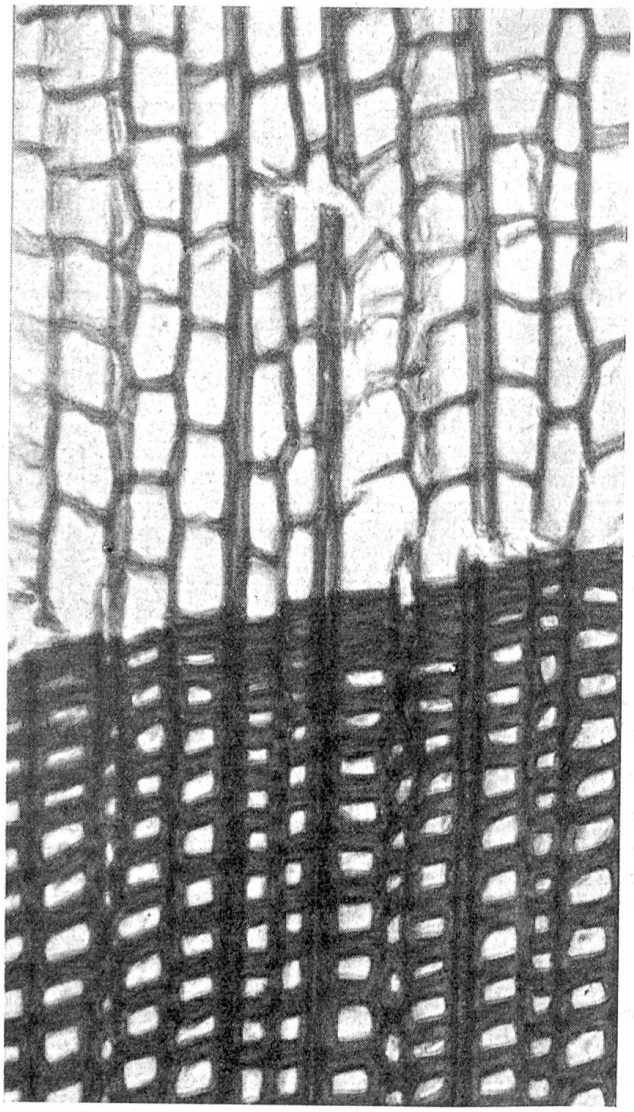


Abb. 1: Holzquerschnitt an der Jahresringgrenze einer Weißtanne, etwa 170mal vergrößert

Ein dünner Schnitt aus einem Stück Holz im Lichtmikroskop betrachtet, läßt eine große Anzahl von kleinen, zellenartigen Räumen erkennen (Abb. 1). Ihr Entdecker, Robert Hooke, nannte sie „Zellen" wegen ihrer Ähnlichkeit mit den Zellen der Bienenwaben und bildete sie in seiner „Mikrographia" im Jahre 1667 zum ersten Male ab. Es dauerte aber fast zweihundert Jahre, bis man erkannte, daß nicht das tote Gehäuse, die Zellwand, das Wesentliche der Zelle ist, sondern daß diese nur die Aufgabe hat, den lebenden Zelleib, das Protoplasma, schützend zu umschließen. Erst die Ausbildung stärkerer Zellwände hat es der Pflanze ermöglicht, ihren ursprünglichen Lebensraum, das tragende Wasser, zu verlassen und sich am Lande anzusiedeln. Um den ganzen Organismus zu stützen, werden in vielen Zellen die Wände so stark verdickt, daß für den Zellinhalt nur noch ein feiner Kapillarraum übrigbleibt. In dem abgebildeten Querschnitt durch ein Stück Weißtannenholz sind diese Stützzellen sehr gut sichtbar. Wir finden sie vor allem im Spätholz, das von der Pflanze im Laufe des Sommers und gegen den Herbst hin angelegt wird. Im Frühjahr dagegen dienen die neu gebildeten Zellen hauptsächlich dem Wassertransport und bleiben daher sehr dünnwandig. Durch diese verschiedene Ausbildung der Zellen entsteht eine schon mit dem unbewaffneten Auge erkennbare Zeichnung, die Jahresringgrenze. Wir sehen hier deutlich, daß die Zellen kein willkürliches und unabhängiges Leben führen, sondern dem Ganzen, nämlich der Erhaltung des Gesamtorganismus zu dienen haben. Nach der Aufgabe, die der Zelle übertragen wird, richtet sich auch der Aufbau der Zellwand. Es ist daher erstaunlich, daß dafür vom Protoplasma in der Hauptsache nur drei verschiedene Stoffe verwendet werden. Der wichtigste, die *Zellulose*, ist eine in Wasser, Lauge und Säure unlösliche Substanz von sehr hohem Molekulargewicht. Die Moleküle bauen sich aus kettenartig miteinander verbundenen Glukosemolekülen auf und können bis zu einem Tausendstel Millimeter lang werden. Gleichwohl sind sie selbst im Elektronenmikroskop unsichtbar, da ihre Breite nur 7,35 A beträgt, wobei ein Angström (A) der hundertmillionste Teil eines Zentimeters (10^{-8} cm) ist. Neben dieser zugfesten Substanz baut das Protoplasma auch einen druckfesten Stoff auf, das *Lignin*. Dieser chemisch noch nicht genau definierte Körper ist vor allem im Holz, im Stroh und ähnlichen Substanzen mit der Zellulose eng vergesellschaftet.

Die vielen Millionen Zellen werden durch eine besondere „Kittsubstanz", das *Pektin*, zusammengehalten. Diese Kittschicht wird bereits während der Zellteilung ausgeschieden und wird als Mittellamelle bezeichnet. Auf diese erste Wand wird nun von beiden neuen Tochterzellen eine weitere Schicht, die *Primärwand*, abgelagert. Als Baustoff wird hier bereits Zellulose verwendet. Mit Hilfe von Röntgenstrahlen und durch Untersuchungen von Zellwänden im Polarisationsmikroskop konnte nachgewiesen werden, daß die Zellulosemoleküle nach einem ganz bestimmten Schema eingebaut werden. Ist zum Beispiel eine Zelle starken Zugkräften ausgesetzt, wie die langgestreckten Faserzellen, so laufen die Fadenmoleküle alle in axialer Richtung. Wird dagegen die Zelle mehr einem seitlichen Druck ausgesetzt, wie in den Leitungsröhren, so herrscht die tangentiale Ordnung vor.

Im gewöhnlichen Mikroskop sind natürlich solche Unterschiede im Aufbau der Zellwand nicht erkennbar. Mit dem Elektronenmikroskop haben wir aber ein Instrument erhalten, das uns diesen Feinbau der Zellwände erschließen läßt. Die Schwierigkeiten einer solchen Untersuchung bestehen vor allem darin, die erforderlichen Schnitte herzustellen, die unter ein Zehntel Mikron (μ) — ein μ ist ein tausendstel Millimeter — Dicke sein

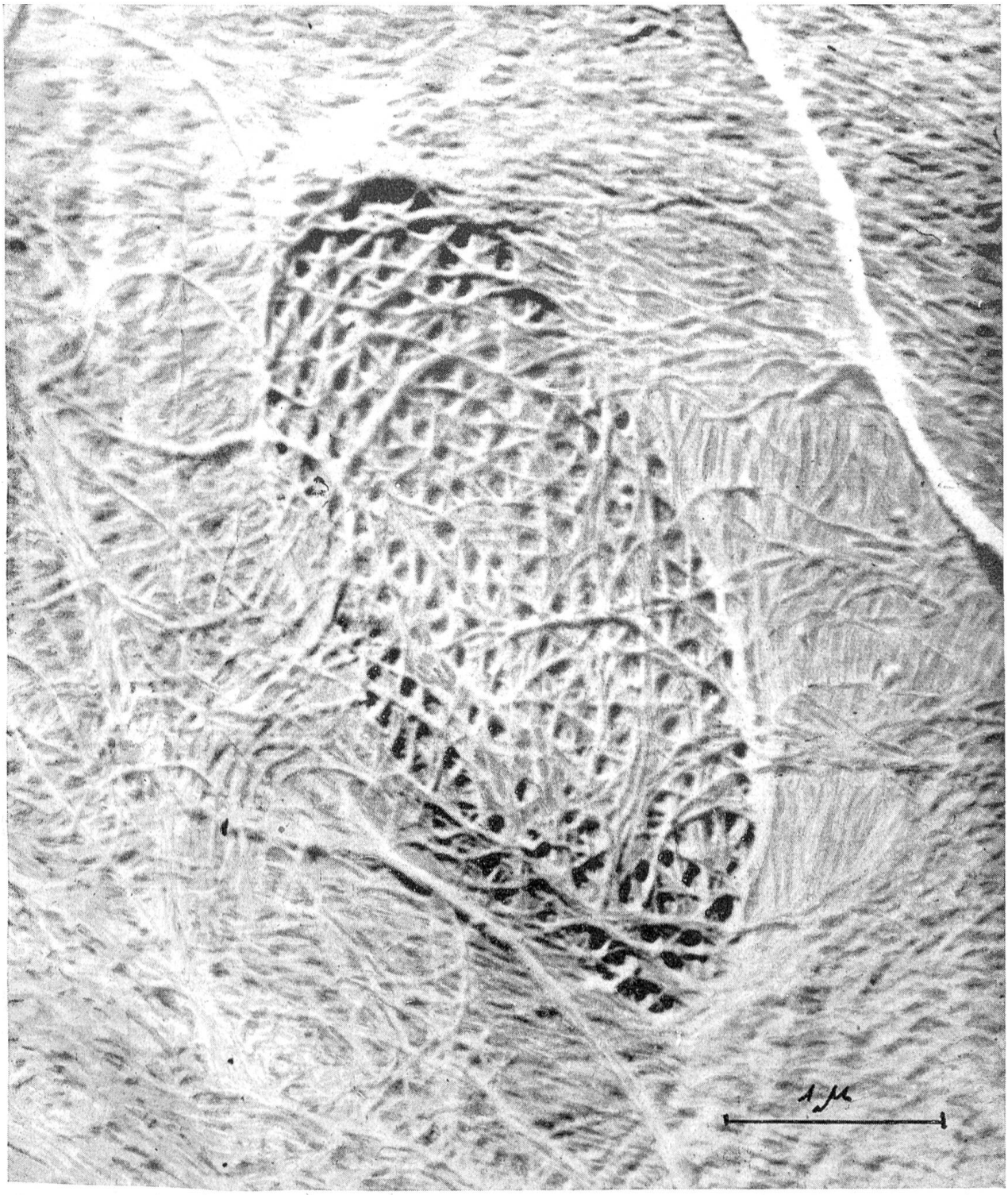


Abb. 2: Tüpfelplatte in einer Primärwand der Maiswurzel, etwa 32 000mal vergrößert
1 µ (My) ist der tausendste Teil eines Millimeters

müssen, ohne dabei die ursprüngliche Struktur zu verändern. Man hat sich so geholfen, daß die Fasern zunächst in destilliertem Wasser aufgeschwemmt und dann mit einem sehr schnell rotierenden Propeller zerschnitten wurden. Aus diesem Faserbrei wurden die feinsten Schnitte durch Sedimentieren — durch Niederschlag — herausgenommen und auf dem Kollodium-Objektträger angetrocknet. Alle Präparate wurden vor der Untersuchung im Elektronenmikroskop mit Chrom oder Palladium „beschattet", um eine bessere Kontrastwirkung zu erzeugen.

In der Abbildung 2 ist eine so präparierte Primärwand wiedergegeben. Deutlich ist zu sehen, daß die ganze Wand aus Fibrillen besteht, die kreuz und quer durch-

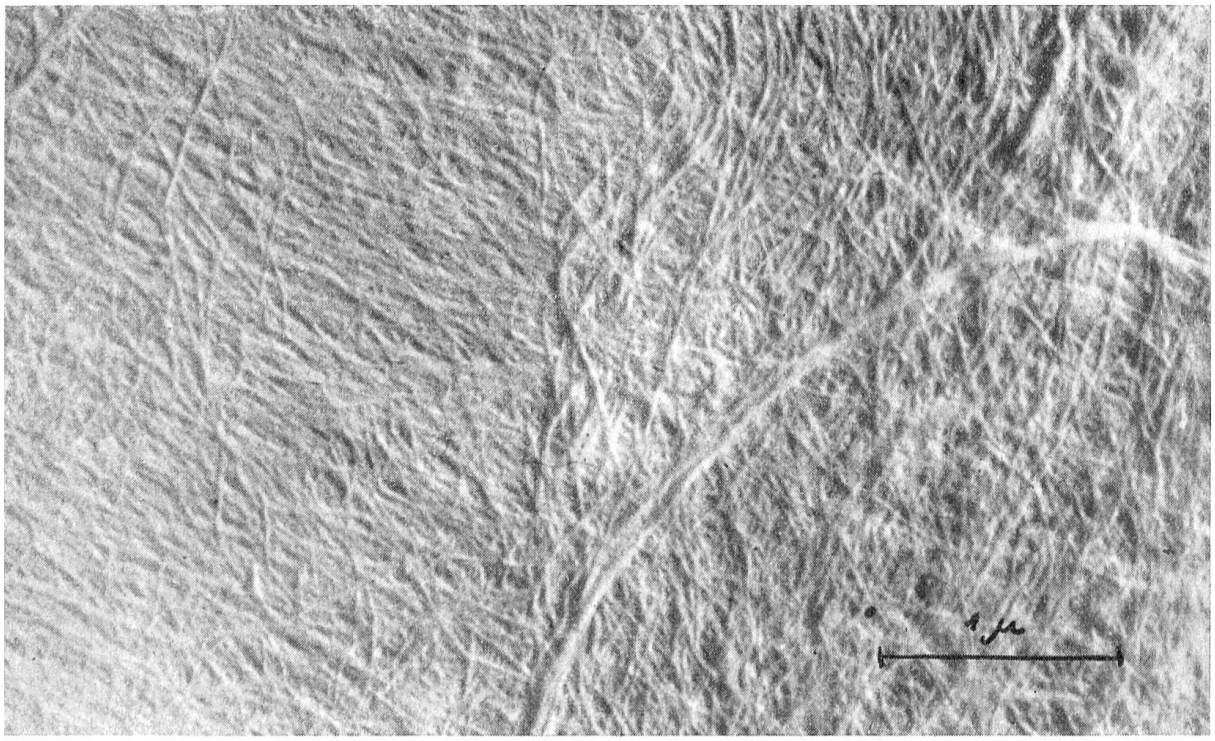
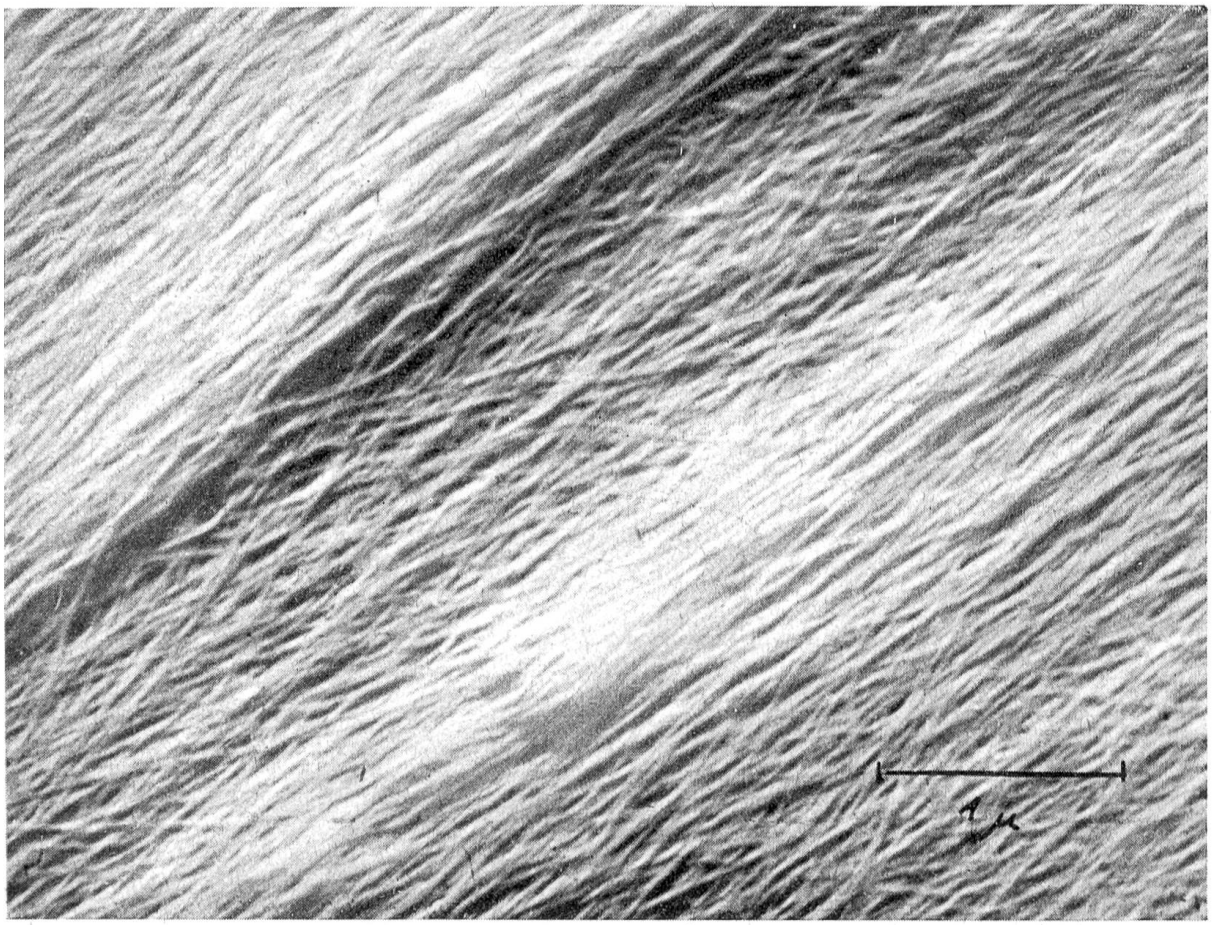


Abb. 3: Sekundärwand aus einer Hafer-Koleoptile, etwa 30 000mal vergrößert

Abb. 4: Aufeinanderfolgende Lamellen der Sekundärwand, etwa 30 000mal vergrößert



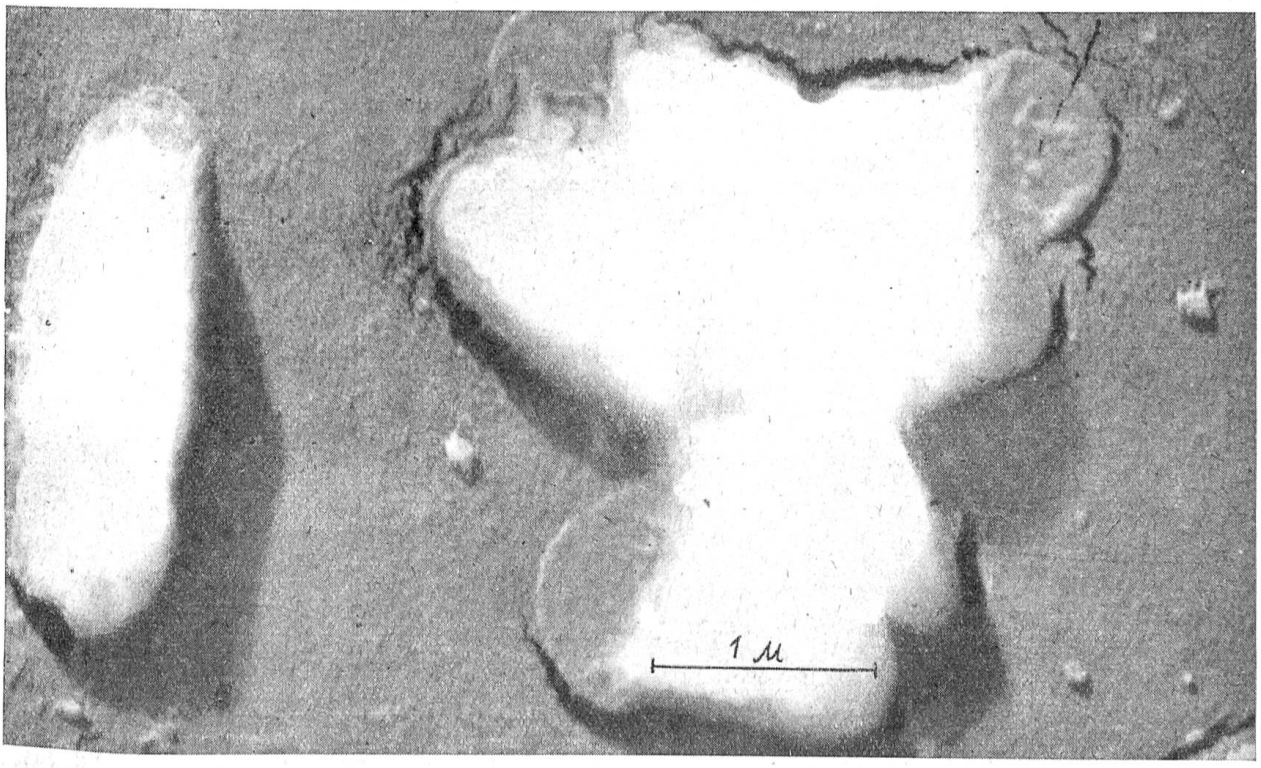
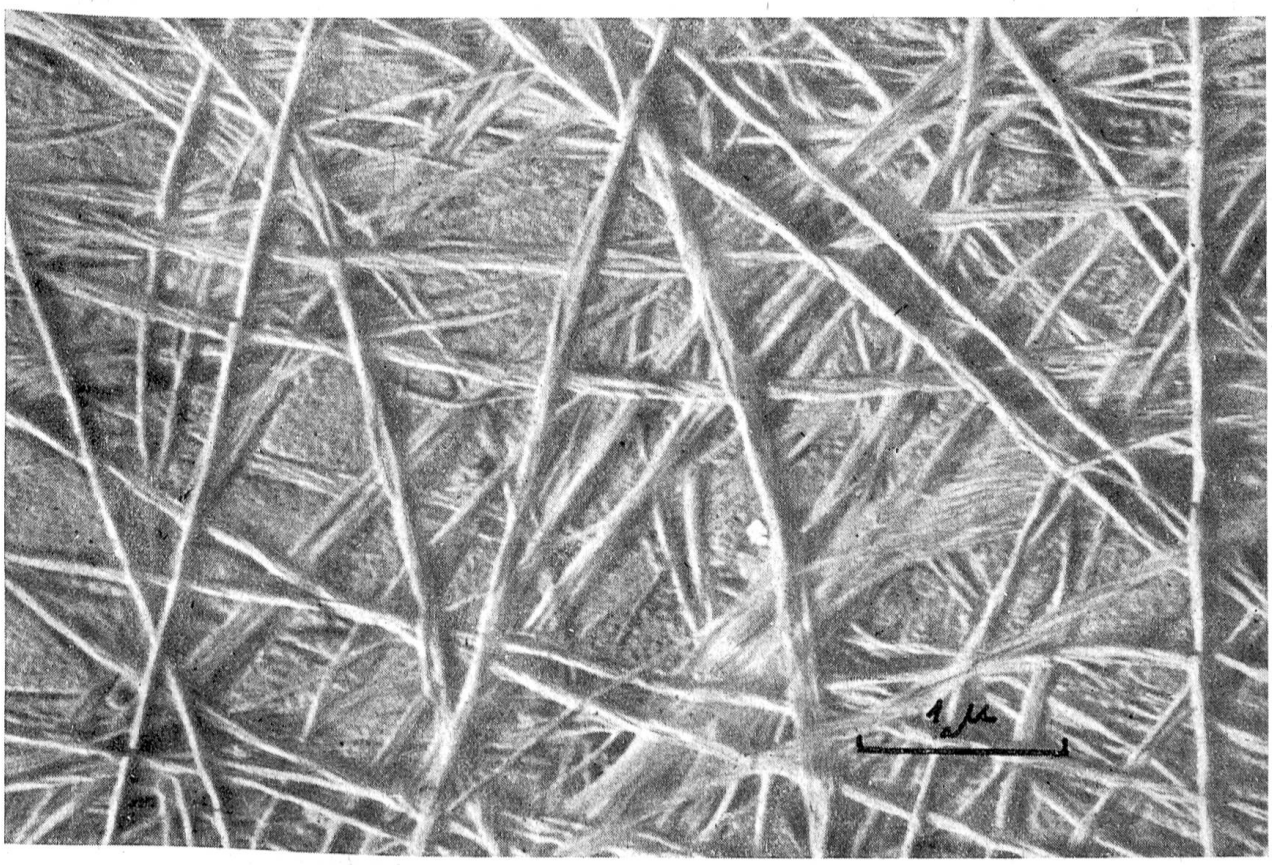


Abb. 5: Junge Kolonie von Bacterium xylinum, etwa 26 500mal vergrößert

Abb. 6: Zellulosemembran von Bacterium xylinum, etwa 24 000mal vergrößert



einander verflochten sind. Diese Stränge dürfen aber nicht mit den Fadenmolekülen verwechselt werden, da ihre Dicke etwa 250 A beträgt, während die Molekülketten der Zellulose nur rund 7 A Durchmesser aufweisen. Mit Hilfe von Röntgenstrahlen konnte festgestellt werden, daß sich die Zellulosemoleküle stellenweise gitterartig zu langen Stäbchen zusammenordnen, die ungefähr 60 A Durchmesser und 600 A Länge haben. Einen solchen Gitterbereich bezeichnen wir als *Micelle*. Die im Elektronenmikroskop sichtbaren Fibrillen sind aus solchen subelektronenmikroskopischen Partikeln aufgebaut und bilden das eigentliche Flechtmaterial zum Bau der Zellwände.

Der Aufbau dieser Primärwände erfolgt in der Weise, daß zunächst ein sehr lockeres Gerüst von Mikrofibrillen ausgeschieden wird, das dann durch Einflechten immer neuer Stränge mehr und mehr verdichtet wird. Durch die Ausbildung einer Zellwand wird natürlich die Aufnahme von Nährsalzen erschwert, und das gerade in einem Moment, in dem die pflanzliche Zelle in starkem Wachstum begriffen ist. Aber auch hier hilft sich die Zelle in wunderbarer Weise, indem sie in der Zellwand Poren freiläßt, die einen direkten Kontakt mit dem Protoplasma der Nebenzelle ermöglichen. Auf unserer Abbildung 2 ist ein solches Tüpfelfeld sehr schön sichtbar. Mit zunehmendem Alter der Zelle werden die meisten dieser Öffnungen durch die immer mächtiger anwachsende *Sekundärwand* zugedeckt. Diese letzte Wand ist weit stärker entwickelt als die Primärwand und hat die eigentlichen Stützfunktionen auszuüben. Sie kann, wie Abbildung 1 zeigt, fast das gesamte Zell-Lumen ausfüllen. Ihren neuen Funktion entsprechend sind die Mikrofibrillen hier nicht mehr durcheinander verflochten, sondern mehr oder weniger parallel in der Richtung der stärksten Beanspruchung ausgerichtet (Abb. 3). Erstaunlicherweise hat die Natur hier eine Methode angewendet, die der Mensch erst in neuerer Zeit ausnutzt, wenn er bei dünnen Brettern eine erhöhte Festigkeit gegen deformierende Beanspruchung erzielen will, nämlich das Prinzip der Sperrholzplatten. Wie aus der Abbildung 4 hervorgeht, weisen aufeinander folgende Lamellen der Sekundärwand unterschiedliche Fibrillenrichtungen auf. Die Wand wird aber noch weiter verstärkt, indem zwischen diese Fibrillen Lignin eingelagert wird. Durch diese Lignin-Inkrustierung sind die Zellulosefibrillen in eine sie allseitig umgebende Grundmasse eingebettet, ähnlich wie die Eisenstangen im armierten Beton.

Interessanterweise sind nicht nur die höheren Pflanzen befähigt, Zellulose aufzubauen, sondern es gibt auch unter den Bakterien Vertreter, die diese Substanz erzeugen können. Am bekanntesten ist wohl *Bacterium xylinum*, das auf glukosehaltigen Nährsubstanzen bis zentimeterdicke Membranen ausbilden kann. Solche Bakterien (Abb. 5) scheiden zunächst einen amorphen Schleim aus, in dem sich nach und nach die Zellulosefibrillen bilden. Durch Verdrillen dieser Fäden entstehen dann seilartige Stränge, die sich kreuz und quer zu einem zähen Netzwerk verflechten (Abb. 6).

Der Einblick in die feinsten Strukturen der Zelle, den erst das Elektronenmikroskop erschlossen hat, ist nicht nur für den Forscher von höchster Bedeutung. Niemand wird ohne Bewunderung die Bilder betrachten, die zwanzig- und dreißigtausendfache Vergrößerung von den Bauelementen des Organischen entwirft; und diese Bewunderung wird gleichermaßen der schöpferischen Natur gelten, die solche Wunderwerke des Allerkleinsten im Alltäglichen schafft, wie dem Menschengeist, der sie sichtbar macht.

Dr. Kurt Mühlethaler

Ferngesteuerte Modelle mit Düsenantrieb

Auf der britischen Industriemesse wurden in diesem Jahre Fernsteuerungs-Einrichtungen gezeigt, die sowohl für Flugzeug-Modelle als auch für Schiffsmodelle zu verwenden sind und bis auf eine Entfernung von rund fünf Kilometern wirken. Das Gerät wurde von einer Firma entwickelt, die Dieselmotoren für Modelle baut. Ein Flugzeug erreichte mit diesem Motor eine Weltrekordgeschwindigkeit von 150 Kilometer in der Stunde, und in einem Modell-Auto wurde eine Höchstgeschwindigkeit von 80 Kilometer je Stunde erzielt. Die Verwendung von ferngesteuerten Modellen ist aber nicht mehr auf den Kreis der Modellbauer beschränkt. In Holland wurde kürzlich auf Veranlassung der holländischen Armee und Luftwaffe eine große Vorführung abgehalten, bei der das hier veröffentlichte Bild gemacht wurde. Es ist sogar beabsichtigt, diese Einrichtungen für die militärische Ausbildung heranzuziehen.

Auch in Nordamerika erfreut sich der Modellbau sehr großer Beliebtheit und weiter Verbreitung. Dort begnügt man sich nicht mehr mit dem Bau von Automobilen, Flugzeugen und Schiffen, sondern hat bereits erfolgreich den Bau von Modell-Düsenmotoren begonnen. Diese gehen in ihrer Konstruktion auf bekannte deutsche Vorbilder zurück und lassen in ihrer äußeren Erscheinung schon eine gewisse Standardisierung erkennen. Der etwa faustgroße Motorkopf beherbergt hintereinander die Lufteintrittsöffnung, den Kraftstoffzerstäuber und die Flatterventile mit der dahinterliegenden Brennkammer nebst Zündkerze. Die Verlängerung der Brennkammer ist als langes Rohr mit durchgehend gleichem Querschnitt ausgebildet.

Ein solches amerikanisches Düsenmotor-Modell „Squirt" erreicht mit einer Höchstgeschwindigkeit von 256 Kilometern in der Stunde bereits ein beachtliches Tempo.

Da die 53 Zentimeter langen Motore nach einer bestimmten Laufzeit zu glühen beginnen — sie werden deshalb nach bewährtem Muster in einigem Abstand über dem Rumpf befestigt —, sah man sich in den Vereinigten Staaten aus Sicherheitsgründen gezwungen, den Start freifliegender Düsenmotormodelle zu verbieten. Nur für Fesselflugmodelle sind Düsenmotoren zugelassen. Die Ganzmetallkonstruktion des Rekordmodells zeigt die charakteristischen Merkmale fast aller Fesselflug-Düsenmodelle: hochgelegter Motor, kein Seitenleitwerk, nach dem Start auf dem Boden verbleibendes Fahrwerk. Die Steuer-