

Aus dem Ludwig Boltzmann-Institut für Umweltwissenschaften und Naturschutz,  
Graz und dem Institut für Anatomie und Physiologie der Pflanzen  
der Universität Graz

# Rasterelektronenmikroskopische Abbildungen von holzabbauenden Pilzen im Stadtgebiet von Graz

Von Stefan PLANK und Franz WOLKINGER

Mit 35 Abbildungen (im Text)

Eingelangt am 16. Feber 1976

## Einleitung

Bäume in Stadtgebieten sind wegen der dort herrschenden schlechteren ökologischen Bedingungen stärker als in natürlichen Ökosystemen der Zerstörung durch pathogene Pilze ausgesetzt. Besonders im Stadtgebiet von Graz haben zahlreiche Bäume einen eingeengten Bodenraum. Zusätzlich werden sie durch Streusalz im Winter und durch einen radikalen und oft rücksichtslosen Baumschnitt physiologisch geschwächt (WOLKINGER 1972, 1973). Der Kronenschnitt der Park- und Allee-bäume und die dabei entstehenden Wunden bilden die häufigste Infektionsquelle für pathogene Pilze.

In der vorliegenden Arbeit wurden die Hyphen einiger holzzerstörender Ascomyceten und Basidiomyceten in natürlich infizierten Hölzern mit Hilfe des Raster-Elektronenmikroskops untersucht. Die Vorteile dieser Untersuchungsmethode gegenüber anderen Verfahren liegen im Kontrastreichtum und in der Tiefenschärfe der Abbildungen sowie in der Möglichkeit der stufenlosen Vergrößerung (20- bis 30.000-fach).

Die Nomenklatur der Porlinge erfolgte nach JAHN 1963, die der anderen Pilze, mit Ausnahme von *Ceratocystis ulmi*, nach POELT & JAHN 1963. Die lateinischen Namen der Wirtspflanzen wurden einheitlich EHRENDORFER et al. 1973 entnommen.

Dem Leiter des Zentrums für Elektronenmikroskopie in Graz, Herrn Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Fritz GRASENICK sowie Herrn Ing. Albert BRUNNEGGER, der die Präparation durchführte, sei an dieser Stelle für wertvolle Hinweise und Anregungen gedankt.

Diese Untersuchungen konnten mit Unterstützung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft durchgeführt werden.

## Material und Methoden

Für die rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen wurden von natürlich infizierten Bäumen innerhalb des Stadtgebietes von Graz Holzproben entnommen (Abb. 1). Folgende Pilzarten wurden dabei ausgewählt:

### ASCOMYCETEN:

#### Ophiostomataceae:

*Ceratocystis ulmi* (BUISM.) C. MOREAU (UPADHYAY & KENDRICK 1975) im Holz von *Ulmus minor* MILL.

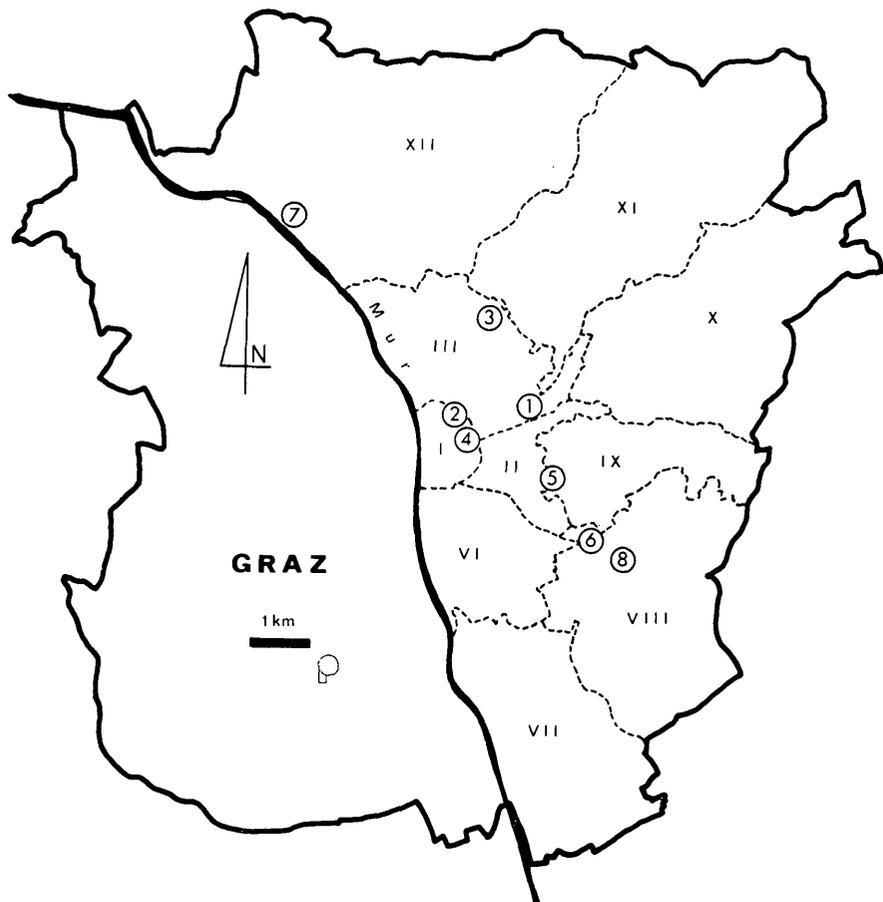


Abb. 1: Fundorte der untersuchten Pilzarten im Stadtgebiet von Graz (Bezirksgrenzen im Bereich des rechten Murufers nicht gezeichnet).

- Legende:
- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1 — <i>Ceratocystis ulmi</i>  | 5 — <i>Inonotus hispidus</i>    |
| 2 — <i>Xylaria polymorpha</i> | 6 — <i>Piptoporus betulinus</i> |
| 3 — <i>Armillaria mellea</i>  | 7 — <i>Trametes confragosa</i>  |
| 4 — <i>Fomes fomentarius</i>  | 8 — <i>Stereum hirsutum</i>     |



Abb. 2: *Ulmus minor*, von *Ceratocystis ulmi*, dem Erreger der Holländischen Ulmenkrankheit befallen. Die Blätter vertrocknen oft schon wenige Wochen nach der Infektion.

Abb. 3: Gefällte Ulme, die an der Ulmenkrankheit litt. *Ceratocystis ulmi* ist auf das Splintholz beschränkt, das sich schwärzlich färbt.

Abb. 4: Fruchtkörper von *Xylaria polymorpha*.

Abb. 5: Falschkern im Stammholz von *Celtis australis*, hervorgerufen durch *Xylaria polymorpha* (Pfeil: Stelle, an der die Fruchtkörper gebildet wurden).

Xylariaceae:

*Xylaria polymorpha* (PERS. ex MÉR.) GREV. im Holz von *Celtis australis* L.

BASIDIOMYCETEN:

Tricholomataceae:

*Armillaria mellea* (VAHL ex FR.) KARST., Rhizomorpha subcorticalis auf *Quercus robur* L.

Poriaceae:

*Fomes fomentarius* (L. ex FR.) KICKX im Holz von *Aesculus hippocastanum* L.

*Piptoporus betulinus* (BULL. ex FR.) KARST im Holz von *Betula pendula* ROTH  
*Trametes confragosa* (BOLT. ex FR.) JOERST. im Holz von *Salix* sp.

Hymenochaetaceae:

*Inonotus hispidus* (BULL. ex FR.) KARST. im Holz von *Malus domestica* BORKH.

Corticaceae:

*Stereum hirsutum* (WILLD. ex FR.) GRAY im Holz von *Salix* sp.

Die Holzproben wurden mit einer Rasierklinge auf die passende Größe zugeschnitten und in eigens dafür konstruierte Objektträger gespannt. In diesen blieben sie während des gesamten Präparationsvorganges bis zur Untersuchung im Rasterelektronenmikroskop befestigt.

Die Fixierung des frischen Materials erfolgte in schmelzendem Stickstoff bei ca.  $-210^{\circ}$  C. In flüssigem Stickstoff wurden dann die Präparate mit frisch gebrochenen Glasmessern angeschnitten. Um ein Ausreißen von Probenteilchen zu verhindern, betrug der Vorschub nur  $1\ \mu\text{m}$  (GRASENICK 1962; GEYMAYER 1967; PLANK 1976 a).

Die Gefriertrocknung der Proben erfolgte in der universellen Präparationsanlage EPA 100 bei einem Vakuum von  $10^{-4}$  Torr (ALDRIAN, WALTINGER & ZEDLACHER 1972).

Anschließend wurden die Proben zur Leitfähigkeitserhöhung ohne Unterbrechung des Vakuums mit Kohlenstoff und Gold allseitig und gleichmäßig bedampft.

Für die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen stand das Cambridge Stereoscan Mark II zur Verfügung. Arbeitsspannung: 30 KV.

---

Abb. 6: Fruchtkörper von *Armillaria mellea* an einem Stamm von *Quercus robur*.

Abb. 7: Rhizomorpha subcorticalis von *Armillaria mellea*.

Abb. 8: Mehrjähriger Fruchtkörper von *Fomes fomentarius*.

Abb. 9: Querschnitt durch das Holz von *Aesculus hippocastanum*, das von *Fomes fomentarius* befallen ist. Breite Myzellappen durchziehen den gesamten Stammquerschnitt (Pfeil).

Abb. 10: Fruchtkörper von *Inonotus hispidus* mit den charakteristischen Guttationstropfen.

Abb. 11: Querschnitt durch das Stammholz von *Malus domestica*, das von *Inonotus hispidus* befallen ist.

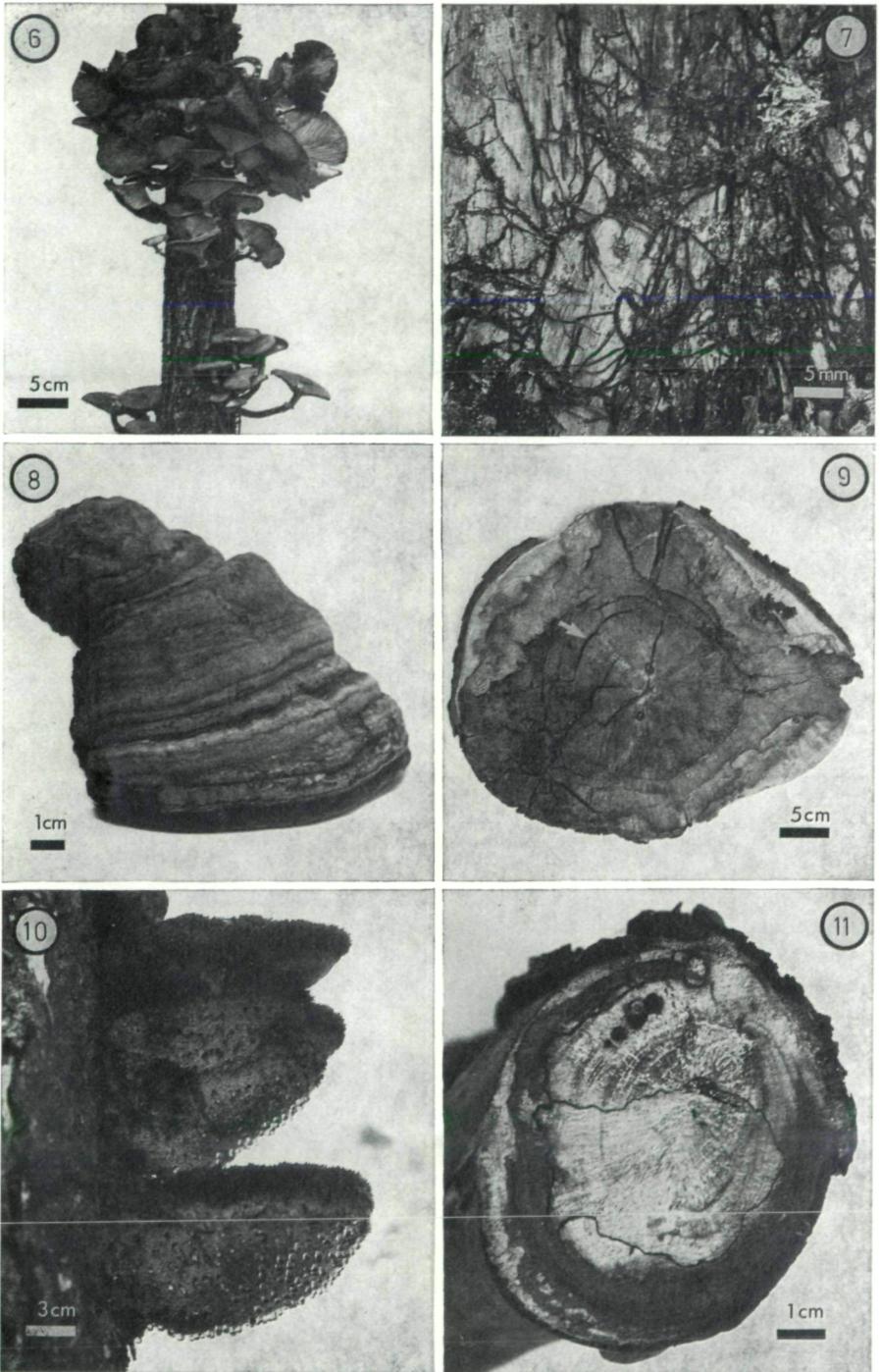


Abb. 6—11: Text nebenstehend.

## Ergebnisse

### **Ceratocystis ulmi** im Holz von *Ulmus minor*:

*Ceratocystis ulmi*, ein Schlauchpilz aus der Familie der Ophiostomataceen (UPADHYAY & KENDRICK 1975) ist der Erreger der gefürchteten „Holländischen Ulmenkrankheit“, einer Baumseuche, die seit ihrem ersten Auftreten im Jahre 1918, in Frankreich und Holland, etwa 90 % aller Ulmen in Westeuropa zum Absterben gebracht hat (WIEPKING 1963). In jüngsten Untersuchungen konnte die weite Verbreitung dieses Pilzes auch im Stadtgebiet von Graz nachgewiesen werden (WOLKINGER & PLANK 1975).

Im Gegensatz zu den meisten forstpathogenen Pilzen kann *Ceratocystis ulmi* die Zellwandsubstanzen nicht enzymatisch abbauen. Der Pilz ernährt sich hauptsächlich von den Nährstoffen des aufsteigenden Saftstromes und ist daher fast ausschließlich auf die Gefäße des Splintholzes beschränkt (OUELLETTE 1962; KRAUSE & WILSON 1972). Die Zellwände werden meist im Bereich der Hoftüpfel mechanisch durchbrochen (PLANK 1975). Die befallenen Zonen des Splintes verfärben sich schwärzlich (Abb. 3).

Im Rasterbild (Abb. 18) erkennt man die Hyphen von *Ceratocystis*, die sich in den makroporen, oft 300  $\mu\text{m}$  breiten Gefäßen mit einer Geschwindigkeit bis zu 5 m in 24 Stunden ausbreiten (BUTIN & ZYCHA 1973). Sie besitzen einen geringen Wanddurchmesser und bilden meist knäuelartige, reich verzweigte Hyphenverbände (Abb. 19).

Der Wassertransport zu den Blättern wird dadurch erheblich erschwert, der Baum stirbt je nach Krankheitsverlauf früher oder später an den Folgen der Wasserunterbindung (Abb. 2).

### **Xylaria polymorpha** im Holz von *Celtis australis*:

Dieser auffällige Ascomycet aus der Familie der Xylariaceae wurde an einem etwa 100 Jahre alten Zürgelbaum (*Celtis australis*) aus dem Stadtpark in Graz untersucht, der im Herbst 1975 ohne besondere Anzeichen einer Krankheit umfiel. Der Boden um den alten Baum war vor längerer Zeit aufgeschüttet worden, wo durch die Wurzeln abstarben.

---

Abb. 12: Fruchtkörper von *Piptoporus betulinus*.

Abb. 13: Querschnitt durch das Stammholz von *Betula pendula*, das von *Piptoporus betulinus* befallen ist. Am linken Bildrand sind Reste des Fruchtkörpers zu erkennen.

Abb. 14: Fruchtkörper von *Stereum hirsutum*.

Abb. 17: Querschnitt durch das Astholz von *Salix* sp., das von *Stereum hirsutum* befallen ist.

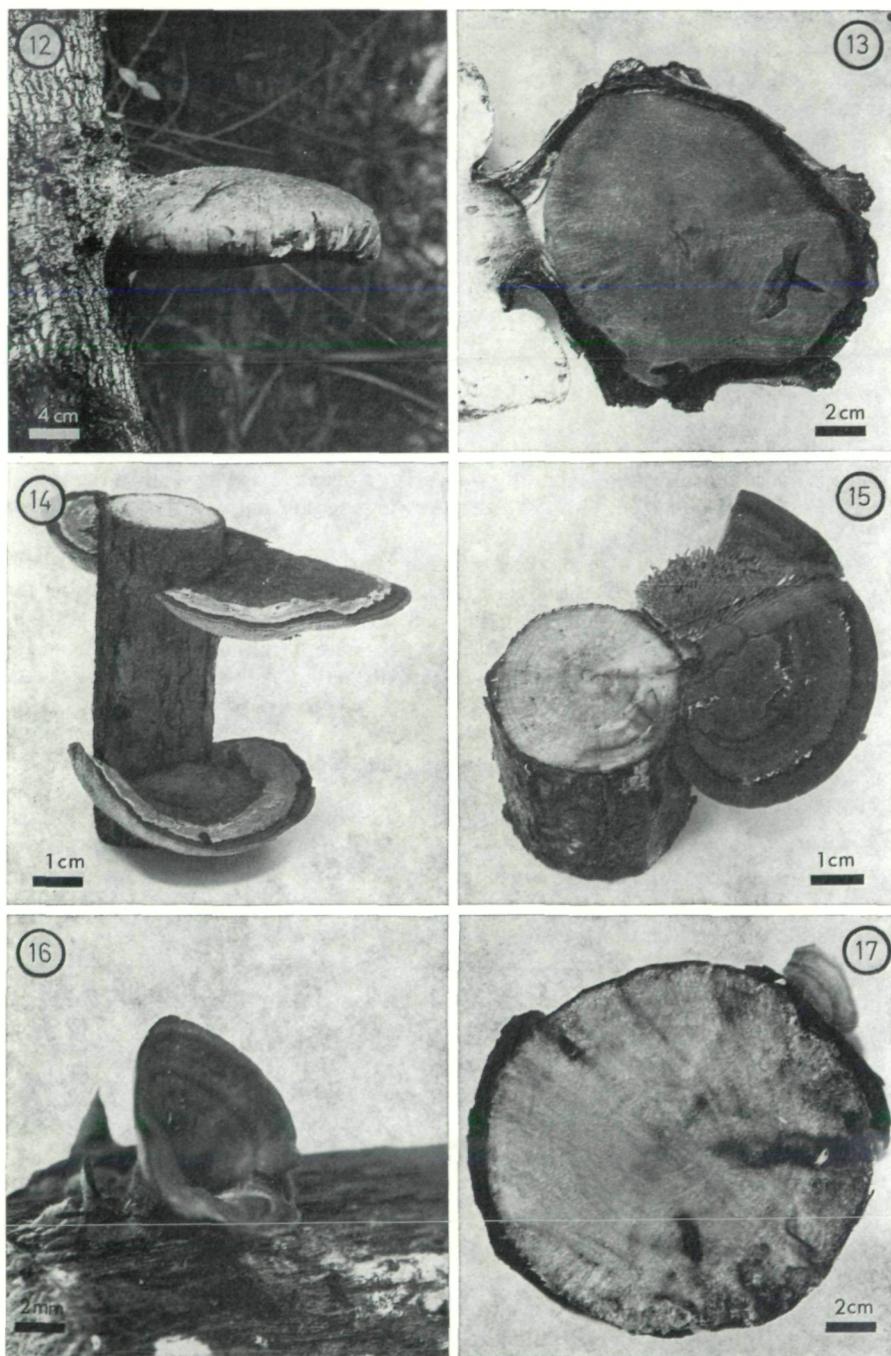


Abb. 12—17: Text nebenstehend.

Das abgestorbene Holz wurde von *Xylaria polymorpha*, der Vielgestaltigen Holzkeule, befallen (Abb. 4). Durch die toxischen Ausscheidungen des Pilzes bildete sich im Stammholz des Baumes ein deutlicher Falschkern (Abb. 5). Im Gegensatz zu normaler Kernholzbildung verlaufen die Grenzen des Falschkernes nicht konform mit den Jahresringen.

Im Holz ruft der Pilz eine Moderfäule hervor, ein für Ascomyceten und Fungi imperfecti typischer Subtyp der Braunfäule (SAVORY 1954, LYR 1961). Die Enzymtätigkeit der Moderfäulepilze ist gering; bevorzugt wird die Zellulose der Zellwand abgebaut, das Holz wird morsch und bekommt durch die Anreicherung von Lignin eine bräunliche Farbe (vgl. auch LIESE & SCHMID 1962).

Abb. 20 und 21 zeigen Hyphen von *Xylaria polymorpha* in den Gefäßen von *Celtis australis*. Die Hyphen durchbrechen an zahlreichen Stellen die Zellwände und dringen auch in die Parenchymzellen und Tracheiden ein.

#### **Armillaria mellea** — Rhizomorpha subcorticalis auf *Quercus robur*:

Der Hallimasch, ein Basidiomycet, der saprophytisch oder parasitisch auf Laub- oder Nadelholz lebt, bildet als besondere Eigenheit verschiedene Rhizomorphen aus. Diese sind gewebeartig aufgebaute Hyphenstränge von unterschiedlicher Form und Funktion (Abb. 7), die vorwiegend der aktiven Ausbreitung des Pilzes dienen.

Am auffälligsten, weil meist frei sichtbar, sind die Rindenrhizomorphen, Rhizomorpha subcorticalis, die sich zwischen Holz und Bast ausbreiten. In ihrer Jugend bilden sie flächige, weiße Myzellappen, die der Nahrungsaufnahme dienen. Von ihnen gehen Hyphen in das Holz ab, die eine Weißfäule verursachen. Im Alter wandeln sich diese Lappen in 1—3 mm dicke, lackartige Stränge um (ZYCHA 1962) (Abb. 7).

Die Ausbreitung des Pilzes im Boden erfolgt mittels Bodenrhizomorphen, Rhizomorpha subterranea, kreisrunde, 1—3 mm dicke Stränge, an deren Enden häufig Fruchtkörper ausgebildet werden (Abb. 6).

Nach MORTA 1969 geht das Wachstum der Rhizomorphen auf eine subapikale meristematische Zone zurück, von der sich verschiedene Hyphenverbände abgliedern. Generell kann man zwischen einer Rindenschicht und einem aufgelockerten Mark unterscheiden (Abb. 22). Die Rindenschicht zeigt im Elektronenmikroskop eine Differenzierung in verschiedene Hyphenverbände (SCHMID & LIESE 1970;

---

Abb. 18: Querschnitt durch das Holz von *Ulmus minor*. In den abgebildeten Spätholzgefäßen breiten sich die Hyphen (Pfeil) von *Ceratocystis ulmi* rasch in axialer Richtung aus.

Abb. 19: Hyphen von *Ceratocystis ulmi* in einem Frühholzgefäß von *Ulmus minor*. Die Hyphen bilden dichte, verzweigte Verbände und hemmen den Wasserstrom zu den Blättern.

Abb. 20: Querschnitt durch das Holz von *Celtis australis*. Das Gefäß und die benachbarten Parenchymzellen sind mit zahlreichen Hyphen von *Xylaria polymorpha* durchsetzt.

Abb. 21: Verzweigte Fadenhyphen von *Xylaria polymorpha* in einem Gefäß von *Celtis australis*.

Abb. 22: Längsschnitt einer Rhizomorpha subcorticalis von *Armillaria mellea* (M = Markschicht; R = Rindenschicht).

Abb. 23: Oberfläche der Rhizomorpha subcorticalis von *Armillaria mellea*. (Näheres im Text.)

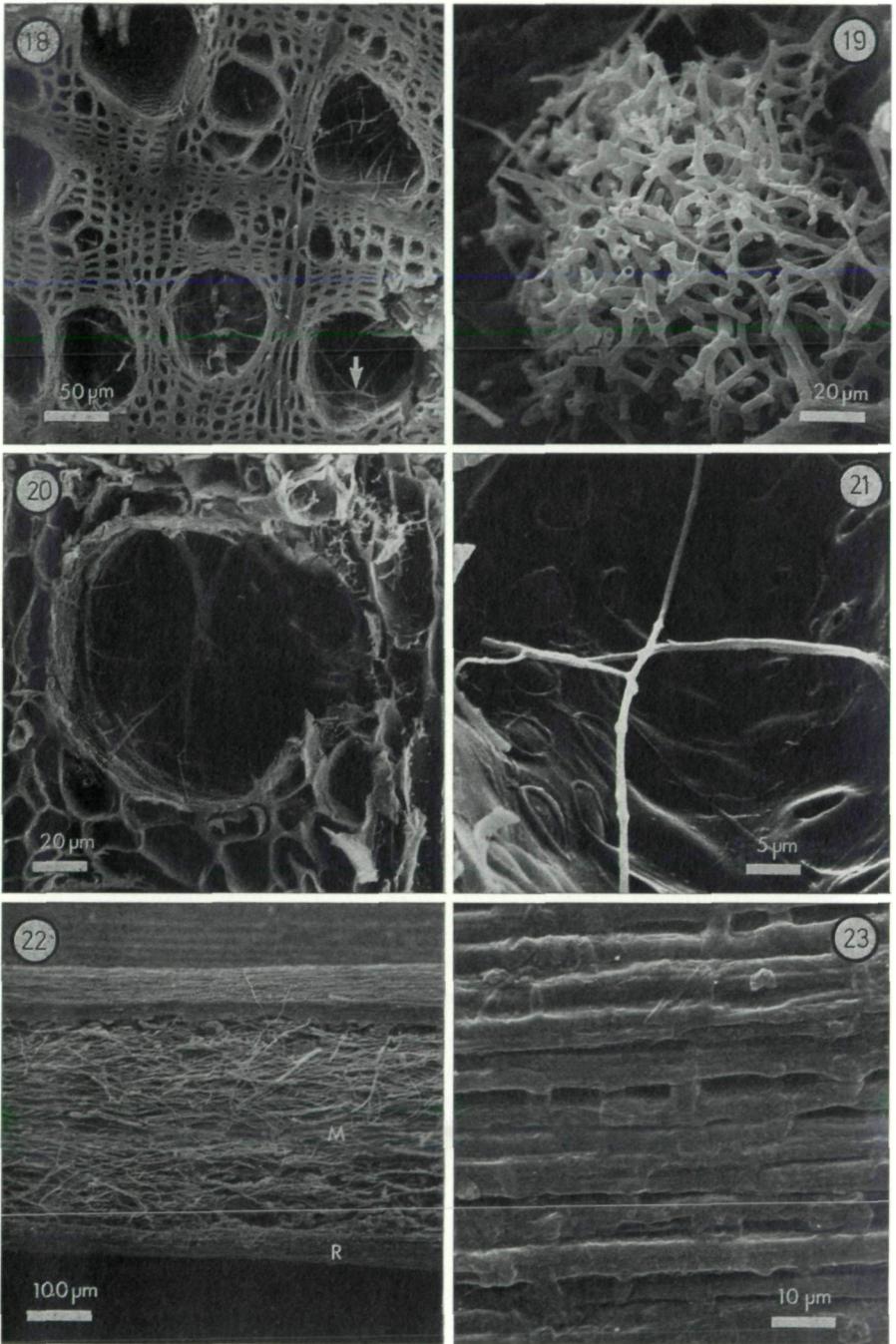


Abb. 18—23: Text nebenstehend.

WOLKINGER, PLANK & BRUNEGGER 1975). An das Mark, das aus dünnwandigen Faserhyphen aufgebaut ist, schließt eine Zone von dickwandigen, septierten Gefäßhyphen an. Die Gefäßhyphenzone geht allmählich in eine Rindenschicht aus indifferenten Hyphen über. Den Abschluß nach außen bildet eine dünne Schleimschicht, die von den Hyphen durch eine Lamelle abgetrennt ist. Diese Schleimschicht erstarrt lackartig an der Luft und zeigt dann eine leistenartige Struktur mit parallel verlaufenden Längsstreifen und kurzen Anastomosen (Abb. 23).

Die Rhizomorphen wurden lange Zeit als eigener Pilz angesehen. Erst HARTIG 1873 erkannte ihre Zugehörigkeit zum Hallimasch.

**Fomes fomentarius** im Holz von *Aesculus hippocastanum*:

Der Zunderschwamm ist ein Porling (Polyporaceae i. w. Sinn. Poriaceae nach JAHN 1963), der im Europa fast ausschließlich parasitisch, in den Vereinigten Staaten auch saprophytisch im Holz verschiedener Laubhölzer lebt und eine Weißfäule des Holzes hervorruft. Er bildet mehrjährige, konsolenförmige Fruchtkörper (Abb. 8).

Das Holz der untersuchten Roßkastanie, die aus Sicherheitsgründen im Stadtpark Graz gefällt werden mußte, zeigt im Querschnitt breite Myzellappen (Abb. 9). Diese Lappen sind nach MÜNCH 1910 für die Infektion des gesamten Stammes verantwortlich (Abb. 24). Nach dem Befall durch den Pilz — *Fomes fomentarius* ist ein Wundparasit — kommt es im Holz der Wirtspflanze zu Schwundrissen, Längsspalten entstehen. In diese dringen die Hyphen rasch vor und bilden plectenchymatische Verbände, von denen aus das Holz angegriffen wird. Der Pilz breitet sich vorerst im Kernholz des Wirtes aus. Erst nachträglich wird auch das Splintholz befallen (HILBORN 1942).

Über die Hyphenspitze und die Oberfläche der Hyphenwände werden Enzyme ausgeschieden, die sowohl Zellulose als auch Lignin abbauen (NOBLES 1958). Da in den frühen Stadien des Zellwandabbaues vorwiegend Lignin, besonders in der ligninreichen Mittellamelle und in der Sekundärwand, abgebaut wird, erscheint das Holz weißlich (Weißfäule).

Alle Zellen des Roßkastanienholzes werden von den Hyphen des Zunderschwammes durchzogen (PLANK & WOLKINGER 1976a). Durch apikale Enzymscheidungen durchbohren die Hyphen an jeder beliebigen Stelle die Zellwand

---

Abb. 24: Hyphen von *Fomes fomentarius* im Holz von *Aesculus hippocastanum*.

Abb. 25: Bohrhypen von *Fomes fomentarius* in den toten Holzfasern des Stammholzes von *Aesculus hippocastanum*. Die Wände werden vorwiegend enzymatisch durchbohrt (Tangentialschnitt).

Abb. 26: Hyphen von *Fomes fomentarius* in einem Gefäß von *Aesculus hippocastanum* (Radialschnitt). Die Zellwand wird an jeder beliebigen Stelle durchbrochen. (Näheres im Text.)

Abb. 27: Hyphen von *Fomes fomentarius* im Holz von *Aesculus hippocastanum*.

Abb. 28: Querschnitt durch das abgebaute Kernholz von *Malus domestica*. In den Gefäßen erkennt man Pilzhypen, die von *Inonotus hispidus* stammen (Pfeile).

Abb. 29: Verzweigtes Hyphengeflecht von *Inonotus hispidus* in einem Gefäß von *Malus domestica*.

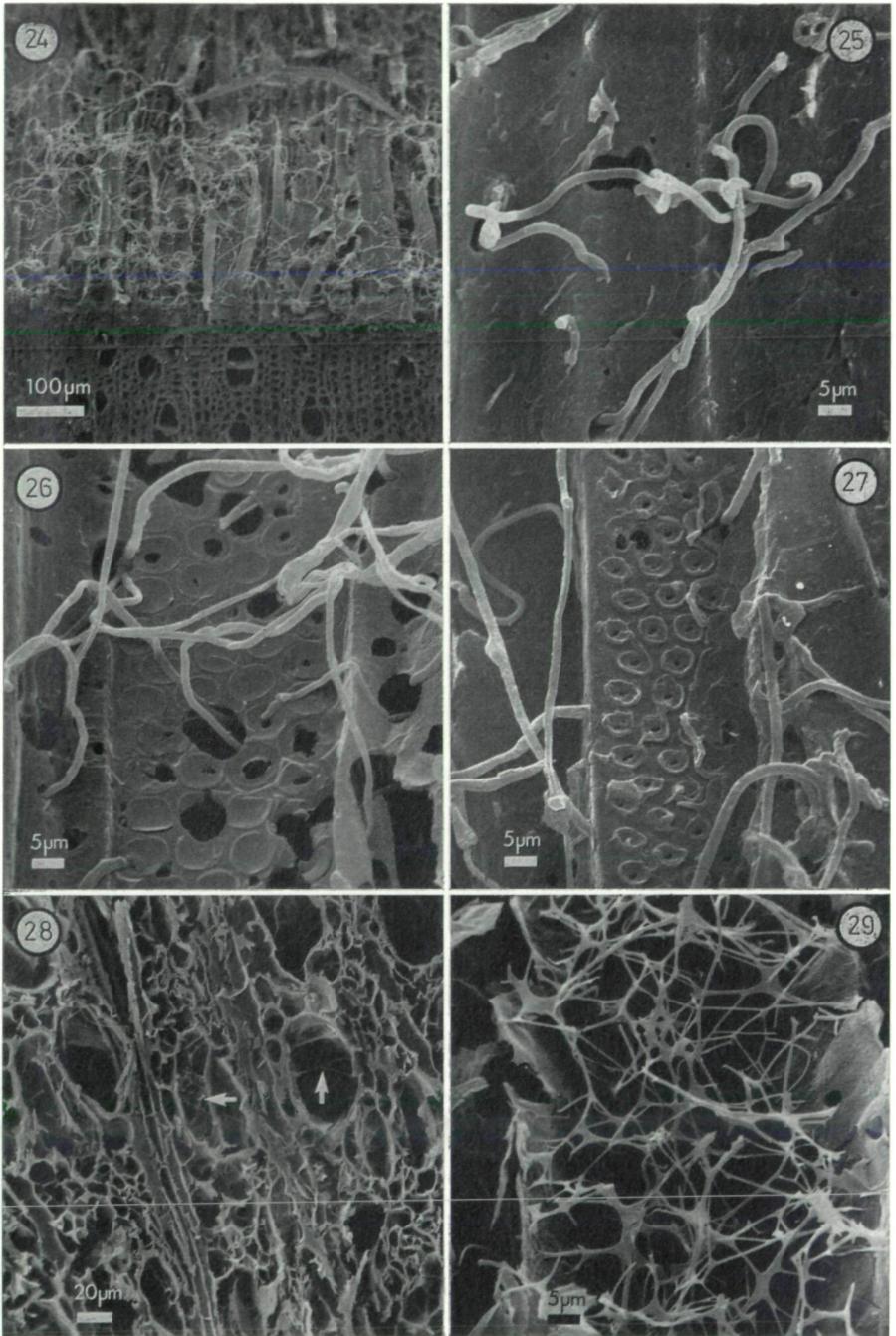


Abb. 24—29: Text nebenstehend.

(Abb. 25, 26, 27). Die Hoftüpfel dienen dabei nicht als bevorzugte Durchgangsstellen. Durch laterale Enzymausscheidungen der Hyphenwände kommt es zu einer Erweiterung der Bohrlöcher, bis das Holz schließlich seine Festigkeit verliert und zu Pulver zerfällt.

#### **Inonotus hispidus** im Holz von *Malus domestica*:

Der **Samtporling** ist einer der häufigsten Parasiten an Apfelbäumen. Er kommt in Graz ferner auf *Fraxinus*, *Juglans*, *Platanus*, *Sophora* und *Acer* vor (WOLKINGER 1973), im Burgenland findet man ihn weiters häufig auf *Morus* (PLANK 1976 b).

Im Frühsommer treten an den befallenen Stämmen die einjährigen Fruchtkörper auf. Sie scheiden an ihrer Unterseite reichlich Tropfen von Guttationsflüssigkeit aus. Die Röhren wachsen nur seitlich der Tropfen weiter und es entstehen die typischen, 2—4 mm breiten Guttationskanäle (KREISEL 1961, JAHN 1963) (Abb. 10). Im Winter werden die Fruchtkörper schwarz und sehen wie verkohlt aus.

Wie der Zunderschwamm ist der Samtporling ein Wundparasit, der über künstliche und natürliche Wunden (Windbruch, Frostspalten u. a.) das Holz befallt. Die Fäulnis, eine Weißfäule, bleibt allerdings auf das Kernholz beschränkt (Abb. 11). Häufig erkennt man am Querschnitt verfärbte, dünne, schwarze Zonierungen. Diese Bildungen können verschiedenen Ursprungs sein, meist kommen sie durch die Oxydation von Nebenprodukten der abgebauten Zellwand zustande (Literatur bei HUBERT 1924; CAMPBELL 1933, 1934; MACDONALD 1937).

Die rasterelektronenmikroskopischen Abbildungen (Abb. 28, 29) zeigen dichte Hyphengeflechte in den mikroporen Gefäßen des Apfelbaumes. In diesen Gefäßen breitet sich der Pilz rasch in akro- und basipetaler Richtung aus.

#### **Piptoporus betulinus** im Holz von *Betula pendula*:

Der **Birkenporling** ist einer der wenigen pathogenen Großpilze, die ein ausgesprochen homogenes Wirtsspektrum zeigen. Er kommt ausschließlich auf hochstämmigen Birken vor und zeigt ein ähnliches Verbreitungsareal wie die Birke (JAHN 1963). Nach LOHWAG 1965 soll er gelegentlich auch auf Hainbuchen vorkommen. Die Fruchtkörper sind einjährig und werden meist am stehenden Stamm gebildet (Abb. 12).

---

Abb. 30: Leiterförmige Gefäßperforation im Holz von *Betula pendula* (Radialschnitt). Durch die enzymatische Tätigkeit des Birkenporlings, *Piptoporus betulinus*, wurde die Zellulose weitgehend aus den Zellwänden gelöst. (Näheres im Text.)

Abb. 31: Dickwandige Hyphen von *Piptoporus betulinus* in einer toten Holzfaser von *Betula pendula* (Radialschnitt).

Abb. 32: Hyphen von *Trametes confragosa* in einem verthyllten Gefäß von *Salix* sp.

Abb. 33: Kontakttüpfel von *Salix* sp., zerstört durch die Tätigkeit der Hyphen von *Trametes confragosa*.

Abb. 34: Querschnitt durch das Stammholz von *Salix* sp. Die Gefäße sind mit Hyphen von *Stereum hirsutum* verstopft. Makroskopisch erkennt man in diesem Bereich eine schwarze Zonierung im Holz.

Abb. 35: Vergrößerung eines verstopften Gefäßes von Abb. 34.

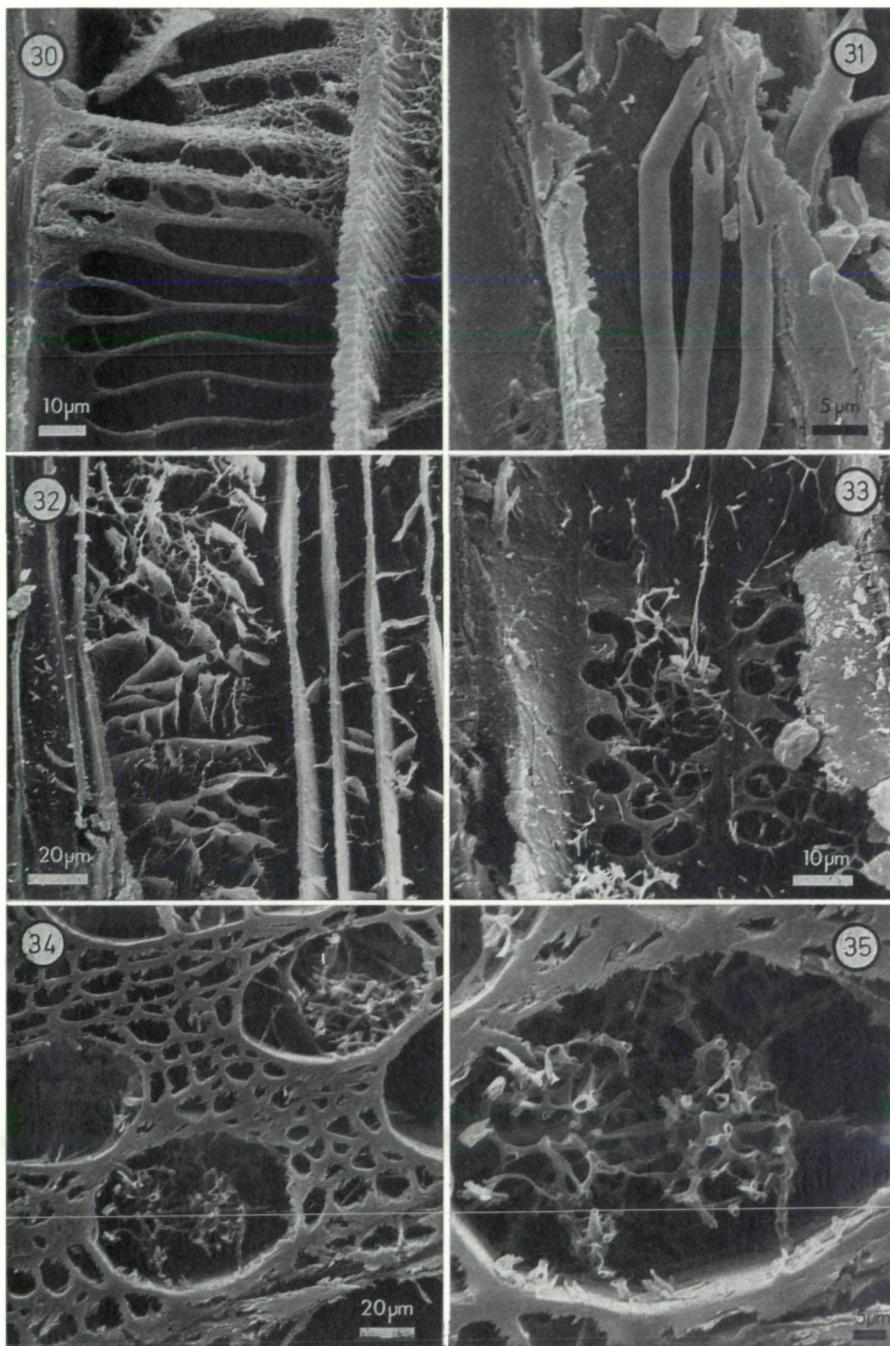


Abb. 30—35: Text nebenstehend.

In seinem enzymatischen Verhalten unterscheidet er sich von den bisher besprochenen Basidiomyceten. Er baut vorwiegend die Zellulose der Zellwand ab, das Holz bekommt durch die Anreicherung von Lignin eine rötlich-braune Farbe und dunkelt stark nach (MACDONALD 1937) (Abb. 13).

Die enzymatische Tätigkeit der Hyphen läßt sich besonders gut an Abb. 30 zeigen. Die leiterförmigen Perforationen der Gefäßglieder sind durch die Herauslösung der Zellulose löchrig und brüchig geworden. Die Hyphen, die ziemlich dicke Wände haben (Abb. 31), breiten sich in allen Zellen des Holzes aus und durchstoßen die Zellwand an zahlreichen Stellen (PLANK & WOLKINGER 1976 b).

Der Baum wird durch die Tätigkeit des Pilzes rasch abgetötet, das Holz bricht in für Braunfäule typischen Würfeln.

#### **Trametes confragosa** im Holz von *Salix* sp.:

Die T ü p f e l t r a m e t e, ein Porling, ist wie der Zunderschwamm und der Samtporling ein Weißfäuleerreger, der saprophytisch aber auch parasitisch im Holz von Laubhölzern lebt. Besonders bevorzugt werden Weichhölzer, wie Weiden, Pappeln und Erlen. Die flachen Fruchtkörper zeigen an ihrer Oberfläche meist eine konzentrische Zeichnung, die Röhren sind häufig radial gestreckt (Abb. 14). Das befallene Holz ist weißlich, morsch und häufig von schwarzen Oxydationszonen durchzogen (Abb. 15).

Im Rasterbild (Abb. 32) erkennt man zahlreiche Hyphen in einem Gefäß der Weide. Die Hyphen durchbohren an vielen Stellen die Zellwand. Die abgeschiedenen Enzyme bauen Lignin stärker ab als Zellulose (ZYCHA 1962). Sogar Thyllen, wie sie in der Abbildung 32 zu erkennen sind, werden enzymatisch abgebaut. Abb. 33 zeigt den Bereich der Kontakttüpfel zwischen Holzstrahl und Gefäß, wie er für Weidenholz kennzeichnend ist. Diese physiologisch wichtige Tüpfelregion (Literatur bei PLANK 1976 a) wurde durch den Pilz zerstört, wichtige Stoffwechselprozesse sind dadurch unterbunden und der Splint stirbt ab.

#### **Stereum hirsutum** im Holz von *Salix* sp.:

Der S t r i e g e l i g e S c h i c h t p i l z, ein Basidiomycet aus der Familie der Tricholomataceen, ist ein häufiger Erreger von Lagerfäulen an Laubholz. Da er fast ausschließlich totes Holz befällt, ist er als Saprophyt zu bezeichnen. Dennoch lebt *Stereum hirsutum* auch gelegentlich auf Weinstöcken und ist der Erreger der sogenannten „Esca-Krankheit“ (ZYCHA 1962). Meistens tritt er auf lagerndem Holz oder abgestorbenen Ästen noch lebender Bäume auf. Die Fruchtkörper wachsen breit, lappig auf dem Substrat und haben muschelförmige Ränder (Abb. 16).

Im Holz ruft *Stereum* eine Weißfäule hervor. Im abgebildeten befallenen Weidenholz erkennt man schwarze, verfärbte Zonen (Abb. 17). Selten wird von diesem Pilz auch das Kernholz befallen.

Die Rasterbilder zeigen Abschnitte im Bereich der verfärbten Zonen (Abb. 34, 35). Die Gefäße des Weidenholzes sind dicht mit reichverzweigten Hyphen verstopft. In viel geringerer Zahl findet man Hyphen in den anderen Zellen des Holzes. Die Zellwände werden an zahlreichen Stellen hauptsächlich mit Hilfe des komplizierten Enzymapparates aufgeschlossen und durchbrochen (PROCTOR 1941).

## Zusammenfassung

Hyphen von *Ceratocystis ulmi*, *Xylaria polymorpha* (Ascomyceten), *Armillaria mellea*, *Fomes fomentarius*, *Inonotus hispidus*, *Piptoporus betulinus*, *Trametes confragosa* und *Stereum hirsutum* (Basidiomyceten) aus dem Stadtgebiet von Graz wurden in verschiedenen, natürlich infizierten Hölzern rasterelektronenmikroskopisch untersucht.

Die Präparate wurden in schmelzendem bzw. flüssigem Stickstoff angeschnitten, anschließend gefriergetrocknet und mit Kohlenstoff und Gold bedampft.

In 34 photographischen Abbildungen werden die Fruchtkörper der Pilze, die makroskopischen Querschnitte der befallenen Bäume und die rasterelektronenmikroskopische Ultrastruktur der Pilzhyphen im Holz dargestellt und im Text diskutiert.

Für die Untersuchungen von Pilzhyphen im Holz ist die Rastertechnik besonders gut geeignet. Die Gefrierdrying als Präparationsmethode erwies sich in den meisten Fällen als gut, dennoch traten bei manchen Präparaten Artefaktbildungen, wie oberflächliches Schrumpfen der Hyphenwände, auf.

Durch die Möglichkeit der stufenlosen Vergrößerung und die kontrastreichen, räumlich wirkenden Abbildungen lassen sich der Hyphenverlauf im Holz und verschiedene Abbaumuster genauer beurteilen. Ein besonderer Vorteil liegt darin, daß die Präparate in Aufsicht abgebildet werden können. Dadurch treten die räumlichen Beziehungen zwischen Hyphen und Zellwand des Wirtes deutlicher hervor.

Qualitative und quantitative Aussagen über die Art (Fäuletyp) und Intensität des Holzabbaues lassen sich hingegen mit der Rastertechnik nicht oder nur sehr schwierig machen. In noch folgenden Untersuchungen soll festgestellt werden, ob die mit Hilfe der Hochfrequenz-Sauerstoffätzung gewonnenen Rasterbilder für quantitative Aussagen über den Holzabbau geeignet sind.

## Literatur

- ALDRIAN A., WALTINGER H. & ZEDLACHER H. 1972. Charakteristische Merkmale der universellen Präparationsanlage EPA 100 und einige spezielle Anwendungsmöglichkeiten in der Rasterelektronenmikroskopie. — Beitr. elektronenmikroskop. Direktabb. von Oberfl., 5:397-409.
- BUTIN H. & ZYCHA H. 1973. Forstpathologie. — Stuttgart.
- CAMPBELL A. H. 1933. Zones lines in plant tissues. I. The black lines formed by *Xylaria polymorpha* (PERS.) GREV. in hardwoods. — Ann. appl. Biol., 20:123-145.
- 1934. Zone lines in plant tissues. II. The black lines formed by *Armillaria mellea* (VAHL) QUEL. — Ann. appl. Biol., 21:1-22.
- EHRENDORFER F. & al. 1973. Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. 2. Aufl. — Stuttgart.
- GEYMAYER W. 1967. Die elektronenmikroskopische Untersuchung temperaturempfindlicher Kolloide. — Staub-Reinhaltung der Luft, 27:237-240.
- GRASENICK F. 1962. Über die elektronenmikroskopische Untersuchung von Eis und empfindlichen Stoffsystemen. — 5. Intern. Congr. Electr. Microscopy, Philadelphia. 1:GG-12.

- HARTIG R. 1873. Vorläufige Mitteilung über den Parasitismus von *Agaricus melleus* und dessen Rhizomorphen. — Bot. Z., 31:295-297.
- HILBORN M. T. 1942. The biology of *Fomes fomentarius*. — Main Agr. Exp. Stn. Bull., 409:161-214.
- HUBERT E. E. 1924. The diagnosis of decay in wood. — J. Agric. Res. Washington, 11:523-567.
- JAHN H. 1963. Mitteleuropäische Porlinge (Polyporaceae s. lato) und ihr Vorkommen in Westfalen. — Westfäl. Pilzbriefe, 4.
- KRAUSE C. R. & WILSON C. L. 1972. Fine structure of *Ceratocystis ulmi* in elm wood. — Phytopathology, 62:1253-1256.
- KREISEL H. 1961. Die phytopathogenen Großpilze Deutschlands. — Jena.
- LIESE W. & SCHMID R. 1962. Elektronenmikroskopische Untersuchungen über den Abbau des Holzes durch Pilze. — Angew. Bot., 36:291-298.
- LOHWAG K. 1965. Birkenschwammschnitzereien aus der Steiermark. — Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 95:136-139.
- LYR H. 1961. Der Holzabbau durch Pilze. — Archiv Forstwesen, 10:615-626.
- MACDONALD J. A. 1937. A study of *Polyporus betulinus* (BULL.) FRIES — Ann. appl. Biol., 24:289-310.
- MOTTA J. J. 1969. Cytology and morphogenesis in the rhizomorphs of *Armillaria mellea*. — Amer. J. Bot., 56:610-619.
- MÜNCH E. 1910. Versuche über Baumkrankheiten. 3. Förderung des Holzzuwachses durch holzersetzennde Pilze. — Naturwiss. Z. Forst- und Landwirtschaft., 8:426-447.
- NOBLES M. K. 1958. Cultural characters as a guide to the taxonomy and phylogeny of the Polyporaceae. — Can. J. Bot., 36:883-926.
- OUELLETTE G. B. 1962. Studies on the infection process of *Ceratocystis ulmi* (BUISM.) C. MOREAU in American elm trees. — Can. J. Bot., 40:1567-1575.
- PLANK S. 1975. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an einigen holzabbauenden Pilzen in Auen und Bruchwäldern. — Moore, Auen und Bruchwälder, Ludwig Boltzmann-Institut f. Umweltwissensch. u. Natursch., Graz, Sonderheft: 53—59.
- 1976 a. Histologie und Verkernung des Holzes von *Sambucus nigra* L. und *Sambucus racemosa* L. I. Histologie und jahreszeitliche Veränderungen. — Phytton, 17 (im Druck).
- 1976 b. Verbreitung des Saftpilzes, *Inonotus hispidus*, im Burgenland. — Bgld. Heimatbl., 38 (im Druck).
- & WOLKINGER F. 1976 a. Etudes du cours des hyphes de *Fomes fomentarius* dans le bois d'*Aesculus hippocastanum* au microscope électronique à balayage. — Can. J. Bot., 54 (im Druck).
- & — 1976 b. Hyphen von *Piptoporus betulinus* im Raster-Elektronenmikroskop. — Eur. J. Forest Pathol., 6 (im Druck).
- POELT J. & JAHN H. 1963. Mitteleuropäische Pilze. — Sammlg. naturkd. Tafeln, Stuttgart.
- PROCTOR P. 1941. Penetration of the walls of wood cells by the hyphae of wood-destroying fungi. — New Haven Yale Univ. Bull., 47.
- SAVORY J. G. 1954. Breakdown of timber by Ascomycetes and Fungi imperfecti. — Ann. appl. Biol., 41:336-347.

- SCHMID R. & LIESE W. 1970. Feinstruktur der Rhizomorphen von *Armillaria mellea*. — Phytopath. Z., 78:221-231.
- UPADHYAY H. P. & KENDRICK W. B. 1975. Prodrömus for a revision of *Ceratocystis* (Microascales, Ascomycetes) and its conidial states. — Mycologia, 67:798-805.
- WIEPKING H. 1963. Umgang mit Bäumen. — München, Basel, Wien.
- WOLKINGER F. 1972. Baumpflege in der Gartenstadt Graz. — Natur und Land, 85:75-78.
- 1973. Holzzerstörende Basidiomyceten auf *Aesculus hippocastanum* und *Sophora japonica* im Stadtgebiet von Graz. — Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 103:205-220.
- WOLKINGER F. & PLANK S. 1975. Ulmensterben im Stadtgebiet von Graz. — Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark, 105:181-199.
- , PLANK S. & BRUNEGGER A. 1975. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an Rhizomorphen von *Armillaria mellea*. — Phytopath. Z., 84:352—359.
- ZYCHA H. 1962. Hymenomycetes. 2. Teil: Arten mit Fruchtkörperbildung. In: SORAUER P., Hdb. Pflanzenkrankheiten. 3.—6. Aufl. Berlin, Hamburg.

Anschriften der Verfasser: Univ.-Prof. Dr. Franz WOLKINGER und Mag. Dr. Stefan PLANK, Ludwig-Boltzmann-Institut für Umweltwissenschaften und Naturschutz, Heinrichstraße 5/III, A-8010 G r a z und Institut für Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Universität Graz, Schubertstraße Nr. 51, A-8010 G r a z.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark](#)

Jahr/Year: 1976

Band/Volume: [106](#)

Autor(en)/Author(s): Plank Stefan Maria, Wolkinger Franz

Artikel/Article: [Rasterelektronenmikroskopische Abbildungen von holzabbauenden Pilzen im Stadtgebiet von Graz. 161-177](#)