

## Die Ektomykorrhizen von *Scleroderma citrinum*\*)

Kerstin WALLER, S. RAIDL & R. AGERER

Institut für Systematische Botanik der Universität München  
Menzinger Straße 67, D - 80638 München

Eingegangen am 7. März 1993

Waller, Kerstin, S. Raidl & R. Agerer (1993) - Ectomycorrhizae of *Scleroderma citrinum*. Z. Mykol. 59 (2): 141-153.

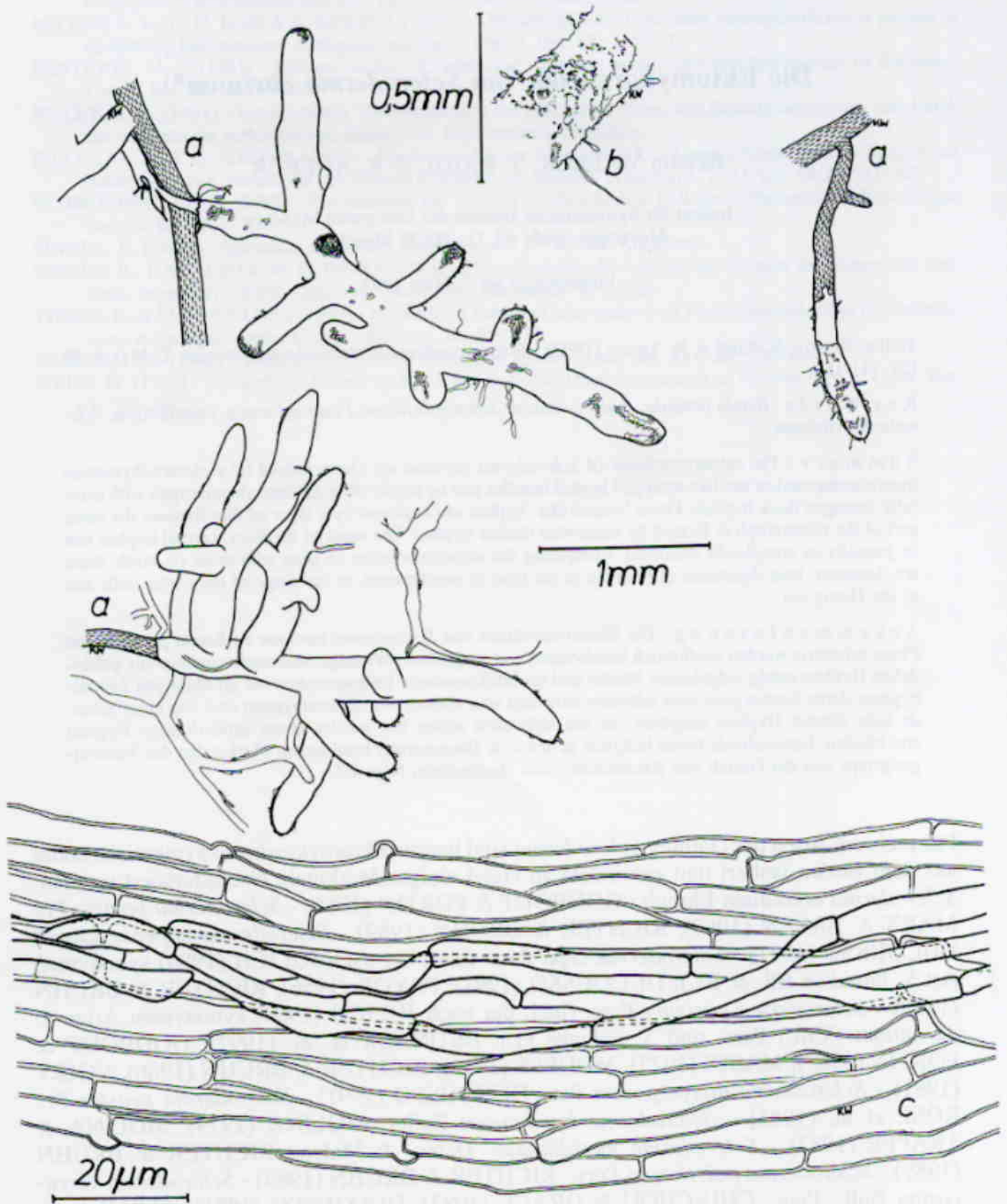
**Key Words:** *Betula pendula*, characterization, ectomycorrhizae, *Pinus sylvestris*, rhizomorphs, *Scleroderma citrinum*.

**Summary:** The ectomycorrhizae of *Scleroderma citrinum* are characterized by a plectenchymatous mantle composed of net-like arranged hyphal bundles and by highly differentiated rhizomorphs with centrally arranged thick hyphae. These 'vessel-like' hyphae are enveloped by a layer of thin hyphae; the outer part of the rhizomorph is formed by somewhat thicker hyphae. The septa of the thick, central hyphae can be partially or completely dissolved. Comparing the ectomycorrhizae on pine with those on birch, there are, however, host dependent differences in the type of ramification, in the shape of the cortex cells and of the Hartig net.

**Zusammenfassung:** Die Ektomykorrhizen von *Scleroderma citrinum* an *Betula pendula* und *Pinus sylvestris* werden ausführlich beschrieben und verglichen. Wichtige Merkmale sind ein aus gebündelten Hyphen netzig aufgebauter Mantel und hochdifferenzierte Rhizomorphen mit großlumigen Zentralhyphen, deren Septen ganz oder teilweise aufgelöst sein können. Die Zentralhyphen sind von einer Scheide sehr dünner Hyphen umgeben, an die sich nach außen hin wieder etwas größerlumige Hyphen anschließen. Unterschiede treten lediglich in den vom Baumpartner bestimmten Merkmalen des Verzweigungstyps und der Gestalt von Rindenzellen und Hartigschem Netz auf.

Für mehrere Arten der Gattung *Scleroderma* sind bereits Ektomykorrhizen synthetisiert oder aus dem Boden isoliert und zumindest an Hand einiger Merkmale charakterisiert worden: *Scleroderma areolatum* Ehrenb.: GODBOUT & FORTIN (1985) - *Scleroderma bovista* Fr.: MARX & BRYAN (1969), RICHTER & BRUHN (1989) - *Scleroderma capense* Lloyd: DUCOUSSO (1991) - *Scleroderma cepa* Pers. (incl. der nach JÜLICH (1984) synonymen Art *S. flavidum* Eil. & Ev.): DUCOUSSO (1991), PRYOR (1956), RICHTER & BRUHN (1989) - *Scleroderma citrinum* Pers. (incl. der nach JÜLICH (1984) synonymen Arten *S. aurantium* (Vail.) Pers. und *S. vulgare* Fr.): BRUNNER et al. (1992), GODBOUT & FORTIN (1985), MASUI (1927), MODESS (1941), RICHTER & BRUHN (1986), VOIRY (1981) - *Scleroderma dictyosporum* Pat.: DUCOUSSO (1991) - *Scleroderma geaster* Fr.: ROSE et al. (1981) - *Scleroderma hypogaeum* Zeller: MOLINA (1979), MOLINA & TRAPPE (1982) - *Scleroderma meridionale* Demo. & Malen.: RICHTER & BRUHN (1989) - *Scleroderma polyrhizum* Pers.: RICHTER & BRUHN (1989) - *Scleroderma verrucosum* Bull.: Pers.: CHU-CHOU & GRACE (1983), DUCOUSSO (1991), TAPAR et al. (1967).

\*) Gilt als Studien an Ektomykorrhizen XLVI. - Studien an Ektomykorrhizen XLV (AGERER et al. 1993)



**Abb. 1:** *Scleroderma citrinum* an *Betula pendula*. - a. Monopodial-pyramidale Mykorrhizensysteme und unverzweigtes Exemplar; Mantel stellenweise dunkelfleckig nach Verdrängen von zunächst im Mantel eingeschlossener Luft durch Wasser. - b. Teilvergrößerung von a. - c. Hochorganisierte Rhizomorphe aus drei unterschiedlichen Hyphenarten: dicke Zentralhyphe ist von zarten, gewundenen Hyphen umgeben, zum Rand hin werden die Hyphen dickerwandig und größerlumig. (Alle Abbildungen von RA 11713).

Da moderne Analysen bisher fehlen, wird im folgenden eine ausführliche Beschreibung der Ektomykorrhizen von *Scleroderma citrinum* an *Betula pendula* und eine kürzere für *S. citrinum* an *Pinus sylvestris* gegeben.

Die Darstellung der Methoden zur Isolierung und zur Analyse von Ektomykorrhizen und deren wichtigste Merkmale sind bereits an anderer Stelle veröffentlicht (AGERER 1991), ebenso ein Glossar für die benutzten Termini (AGERER 1987-1992). Die unten beschriebenen Schnitte sind nach Einbettung in Historesin angefertigt worden.

## **I. *Scleroderma citrinum* Pers. an *Betula pendula* Roth**

Referenzbeleg: Deutschland, Hessen, Lkr. Offenbach, 2-3 km östlich von Egelsbach, zwischen Egelsbach und der alten Autobahn Frankfurt-Heidelberg, in saurem, humosem, fast mineralstofffreiem Oberboden, nördliches Ende des Oberrheintalgrabens mit Flugsand aus dem Quartär, alter aufgelassener Torfstich, an Birkenschößlingen auf einer umgefallenen Kiefer; leg. H. Zinth, 22.7.1992; Fruchtkörper RA 11710 und Ektomykorrhizen RA 11713 in Herb. R. Agerer (in M).

### **1. HABITUS (Abb. 1a)**

Irregulär monopodial-pyramidal; Seitenäste und Achsen gebogen; Mykorrhizensystem bis 11 mm lang, Seitenäste bis 6 mm lang und 0,3-0,8 mm im Durchmesser, Achse 0,6-0,9 mm im Durchmesser; Mantel durch eingeschlossene Luft silbrig-weiß, Oberfläche netzartig und leicht glänzend, Luft an manchen Stellen des Mantels verdrängt, hier die braune Wurzel durchscheinend. Abziehende Hyphen einen zarten Flaum um die Ektomykorrhiza bildend. Rhizomorphen weiß, Oberfläche dicht flaumig durch zahlreiche aus dem Rhizomorphenverband ausfasernde Hyphen, Rhizomorphen den Mantel locker umgebend, häufig von der Mykorrhizenbasis, aber auch von anderen Stellen, jedoch nie von der Mykorrhizenspitze abgehend, Ansatzstelle der Rhizomorphen am Mantel distinkt.

## **2. MIKROSKOPISCHE MERKMALE**

### **2.1. Anatomie des Mantels in Flächenansicht**

**Manteloberfläche** (Abb. 2a, Tafel 1a,b) plectenchymatisch, netzartig aus gebündelt verlaufenden Hyphen aufgebaut (Manteltyp A: AGERER 1991), farblos, mit Schnallen; Zellen 30-45  $\mu\text{m}$  lang und 2,5-5  $\mu\text{m}$  im Durchmesser, Zellwand 0,5  $\mu\text{m}$  dick.

**Mittlere Mantelschichten** (Abb. 2b, Tafel 1c) aus verdichtetem Hyphennetz bestehend, Zellen farblos, mit Schnallen, 30-50  $\mu\text{m}$  lang und 2,5-5  $\mu\text{m}$  im Durchmesser, Zellwand 0,5  $\mu\text{m}$  dick, mit Tendenz zum Verquellen.

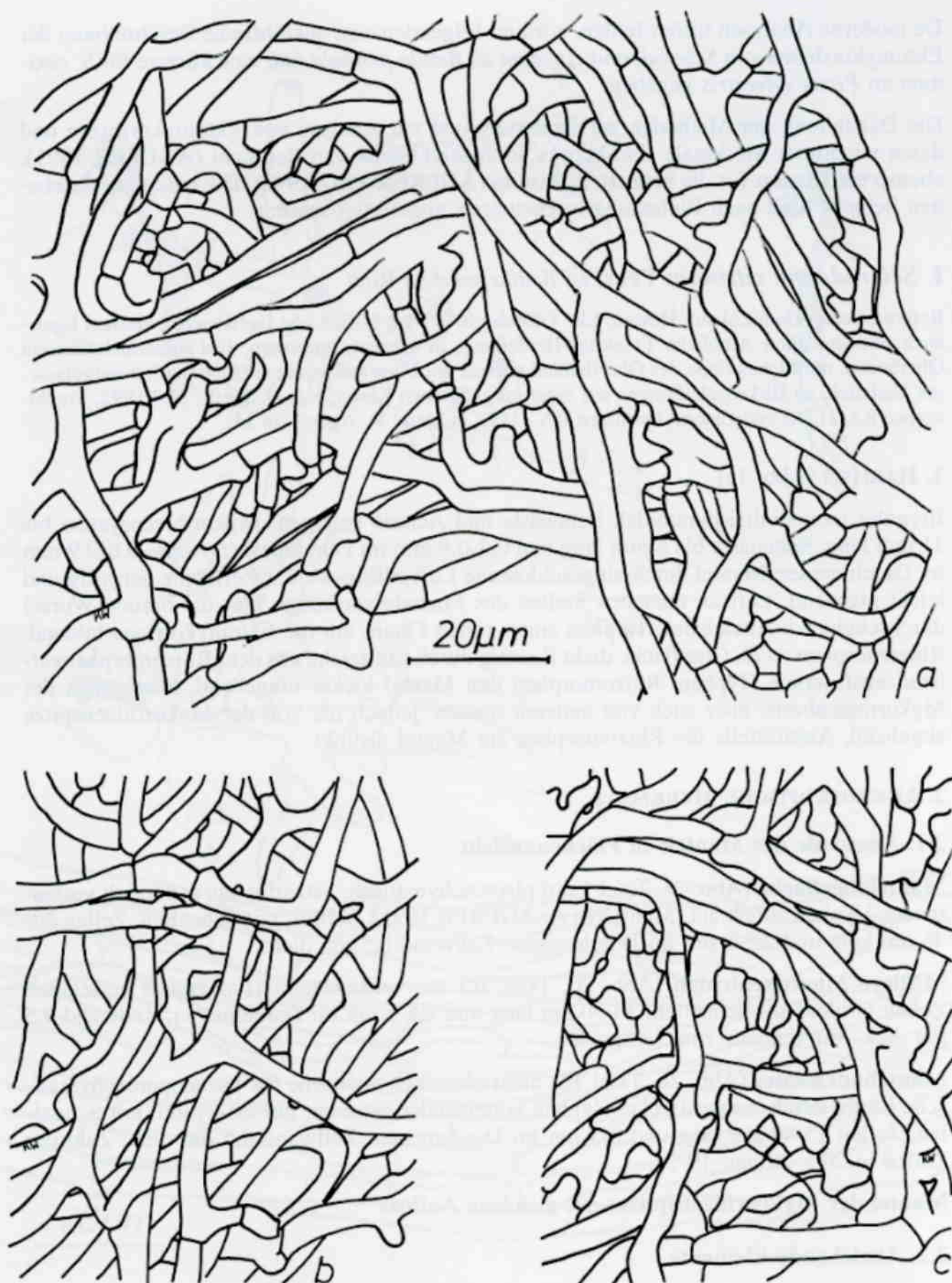
**Mantelinnenseite:** (Abb. 2c, Tafel 1d) dicht plectenchymatische bis pseudoparenchymatische Inseln durch langgestreckte Hyphen voneinander getrennt, farblos-hyalin, mit Schnallen, Zellen 15-40  $\mu\text{m}$  lang und 3-5  $\mu\text{m}$  im Durchmesser, Zellwand 0,5  $\mu\text{m}$  dick; Zahl der Zellen in 20 x 20  $\mu\text{m}$ : 19-22.

**Mantel der Mykorrhizenspitze:** mit gleichem Aufbau.

### **2.2. Abziehende Elemente**

**Abziehende Hyphen** (Tafel 1f) farblos-hyalin, z. Teil sehr fein rauh, mit Schnallen; dichtes Netz auf dem Mantel bildend, nach außen auflockernd; Septenabstand 50-75  $\mu\text{m}$ , Hyphen 3,5  $\mu\text{m}$  im Durchmesser, Zellwand 0,5  $\mu\text{m}$  dick. Anastomosen einfach.

**Cystiden** fehlen.



**Abb. 2:** *Scleroderma citrinum* an *Betula pendula*. a. Mantelaufsicht, plectenchymatisches Netz aus längeren, gebündelten Hyphen, dazwischen kürzere Hyphen aus tieferen Schichten sichtbar. - b. Mittlere Mantelschicht: Plectenchym mit Schnallen. - c. Mantelinnenseite: stellenweise dicht plectenchymatisch bis pseudoparenchymatisch mit längeren zwischenliegenden Hyphen. (Alle Abbildungen von RA 11713).

Rhizomorphen (Abb. 1c, Tafel 1e, 2c,d,e) 20-400  $\mu\text{m}$  im Durchmesser, häufig sich abflachend und sich mattig verzweigend, mit abziehenden Hyphen, hochdifferenziert (Typ F: AGERER 1991), Hyphen farblos-hyalin, sehr wenige der äußeren Rhizomorphenhyphen sehr fein rau; Zentralhyphen z. T. mit aufgelösten Septen, von dünneren Hyphen umwunden, diese von größerlumigen, Schnallen tragenden Hyphen umgeben; Hyphen der Rhizomorphenoberfläche und ihre abziehenden Hyphen häufig mit kleineren Septenabständen sowie bevorzugt im Schnallenbereich mit bis 12  $\mu\text{m}$  dicken Anschwellungen. Verzweigung der Rhizomorphen unter Knotenbildung (nach AGERER 1988). Zellabmessungen der Rhizomorphenhyphen bei Rhizomorphen unterschiedlichen Durchmessers:

	50 $\mu\text{m}$ Durchmesser	400 $\mu\text{m}$ Durchmesser
Zentralhyphen	8-10 $\mu\text{m}$ dick	12-30 $\mu\text{m}$ dick
-"-,Zellwand	1 $\mu\text{m}$ dick	1-2 $\mu\text{m}$ dick
zarte Hyphen	2,5-3,5 $\mu\text{m}$ dick	3-4 $\mu\text{m}$ dick
-"-,Zellwand	0,3 $\mu\text{m}$ dick	0,4-0,5 $\mu\text{m}$ dick
umgebende Hyphen	4-5 $\mu\text{m}$ dick	5,5-7 $\mu\text{m}$ dick
-"-,Zellwand	0,6 $\mu\text{m}$ dick	1 $\mu\text{m}$ dick

### 2.3. Anatomie im Querschnitt

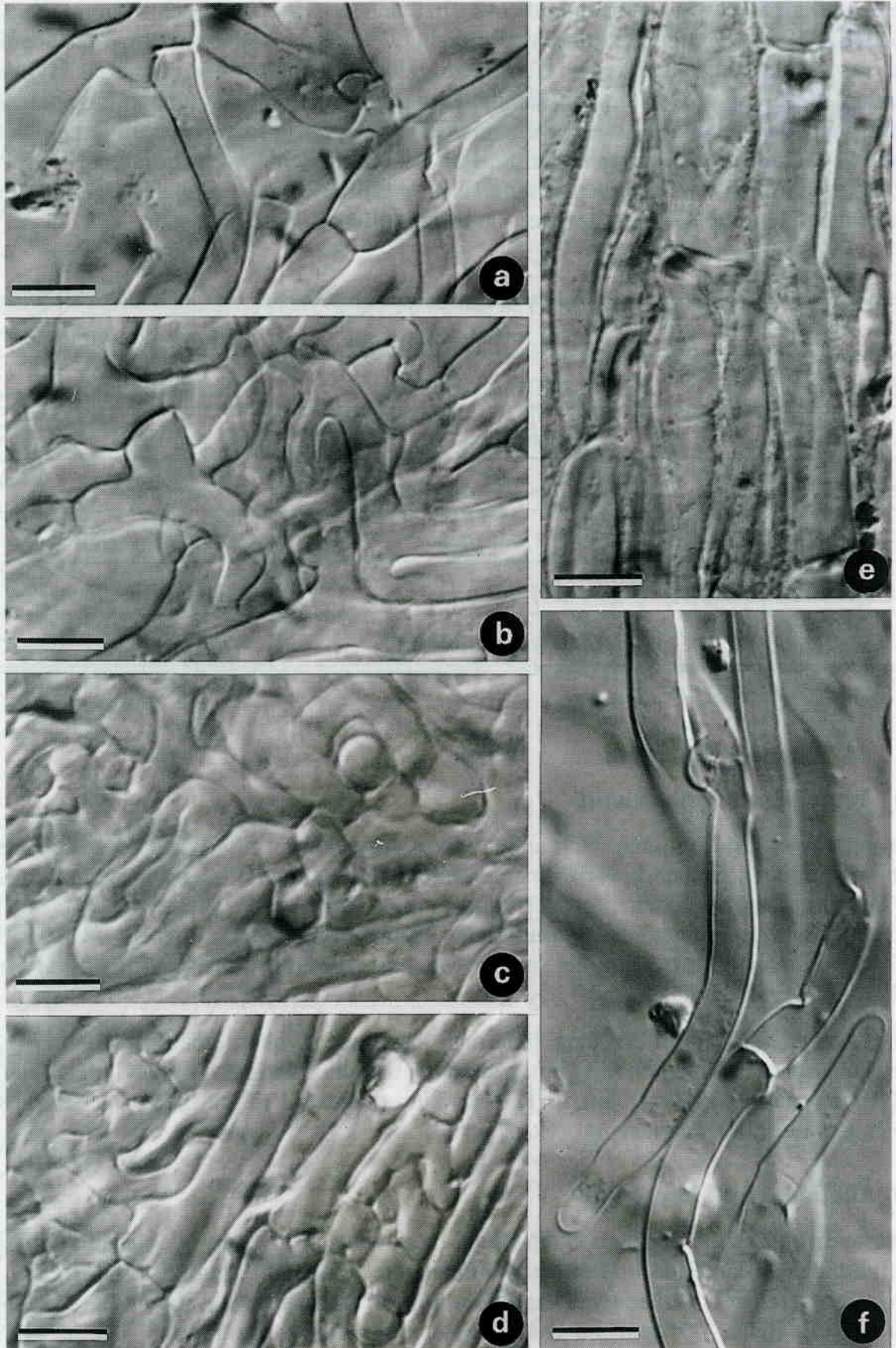
**Mantel** (Tafel 2b) kompakt, nach außen etwas auflockernd, 50-70  $\mu\text{m}$  dick, keine Schichtung erkennbar, abziehende Hyphen sehr selten; Hyphen meist quer angeschnitten, 2-5  $\mu\text{m}$  im Durchmesser, dazwischen größerlumige, runde Zellen eingestreut mit 7-10  $\mu\text{m}$  Durchmesser; Mantel von tangential verlaufenden Hyphen durchzogen, diese 4-7  $\mu\text{m}$  im Durchmesser, Zellwände bis 0,5  $\mu\text{m}$  dick, an der Mantelinnenseite verschleimt; Rest der Calyptra-Zellen vereinzelt vorhanden.

**Hartigsches Netz** (Tafel 2b) paraepidermal, aus einer Hyphenreihe bestehend, 2-3  $\mu\text{m}$  im Durchmesser; Rindenzellen mit Hartigschem Netz radial gestreckt, Zellen tangential (10)12-15(18)  $\mu\text{m}$ , radial (35)37-48  $\mu\text{m}$ , im Durchschnitt tangential 13  $\mu\text{m}$  lang (CCt), durchschnittlicher Quotient tangential:radial (CCq) = 0,3.

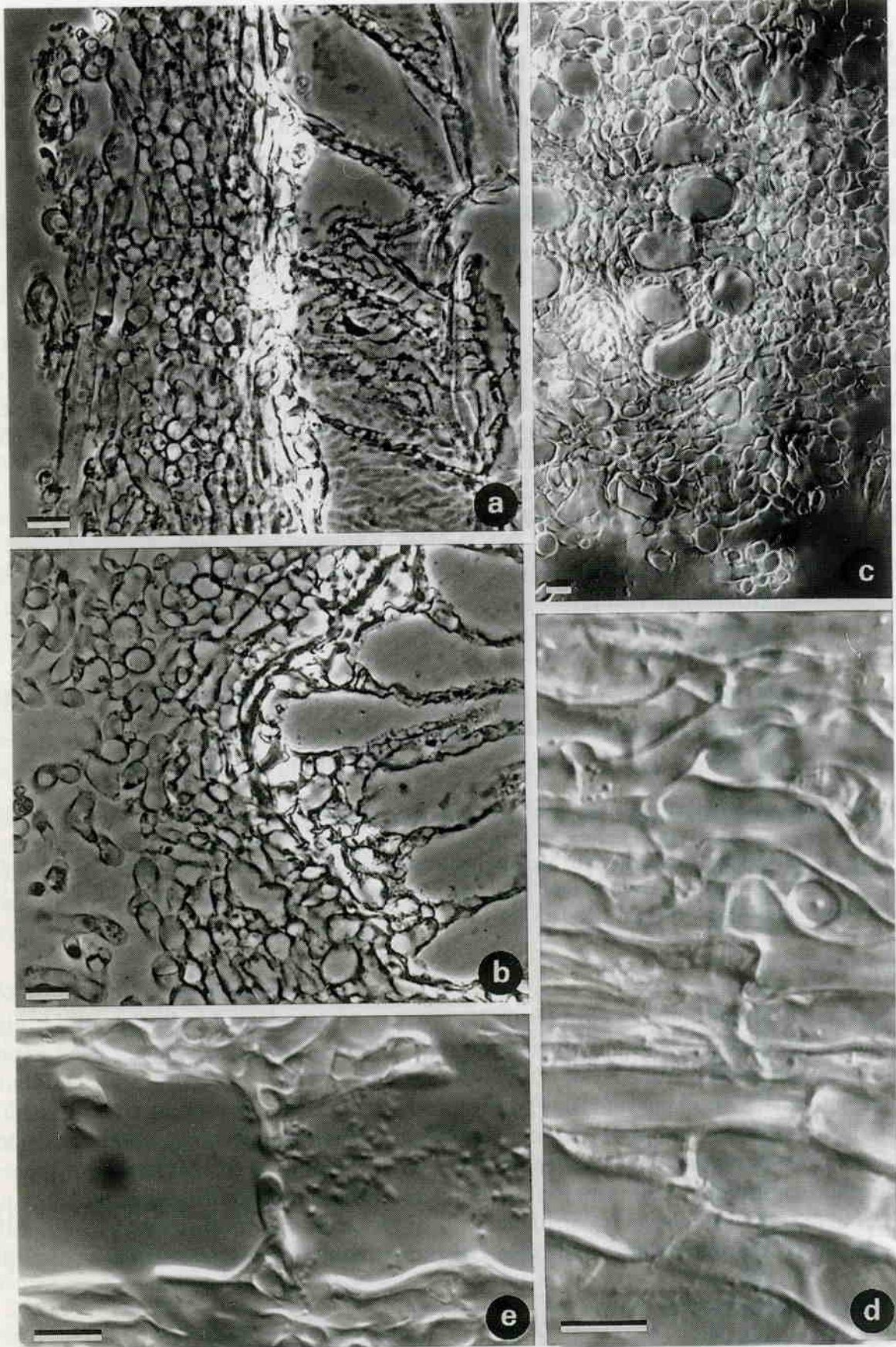
### 2.4. Anatomie im Längsschnitt

**Mantelaufbau** (Tafel 2a) dem Querschnitt entsprechend; Hyphen quergeschnitten und tangential längs verlaufend, 3-6  $\mu\text{m}$  im Durchmesser, Zellwand 0,5  $\mu\text{m}$  dick; Reste der Calyptra-Zellen vereinzelt vorhanden; Mantel der Mykorrhizenspitze 20-35  $\mu\text{m}$  dick, Hyphen tangential verlaufend, 1,5-2  $\mu\text{m}$  im Durchmesser, sehr stark verquollen.

**Hartigsches Netz** (Tf. 2a) wie im Querschnitt gestaltet, vom Palmetti-Typ, Loben 2-3  $\mu\text{m}$  breit; Rindenzellen mit Hartigschem Netz schräg radial-gestreckt, Zellen tangential (14)15-18(20)  $\mu\text{m}$ , radial (35)41-46(54)  $\mu\text{m}$ , tangential durchschnittlich 17  $\mu\text{m}$  lang (CCt), durchschnittlicher Quotient tangential:radial (CCq) = 0,4.



**Tafel 1:** *Scleroderma citrinum* an *Betula pendula*. - a-d: Mantel in Flächenansicht, immer von der gleichen Stelle aus gesehen. - a. Manteloberfläche im Übergangsbereich zu den abziehenden Hyphen. - b. Aufsicht auf äußere Mantelschicht. - c. Mittlerer Mantelbereich. - d. Mantelinnenseite. - e. Aufsicht auf Rhizomorphen. - f. Abziehende Hyphen. (Alle Abbildungen von RA 11713; Meßbalken = 10 µm).



**Tafel 2:** *Scleroderma citrinum* an *Betula pendula*. - a. Längsschnitt durch Mykorrhiza, von der Mantelaußenseite bis zur einzigen Rindenzellschicht mit Hartigschem Netz. - b. Querschnitt durch Mykorrhiza, von der Mantelaußenseite bis zur einzigen Rindenzellschicht mit Hartigschem Netz. - c. Querschnitt durch Rhizomorphe. - d. Rhizomorphen-Längsschnitt: im oberen Bereich mit schmäleren, dünnerwandigen und unregelmäßig gestalteten Hyphen, die unmittelbar einer dicken Zentralhyphe aufliegen, und angrenzende, größerlumige und dickerwandige Hyphen. - e. Rhizomorphe: dicke Zentralhyphe mit zum Teil aufgelöstem Septum. (Alle Abbildungen von RA 11713; Meßbalken = 10  $\mu\text{m}$ ).