



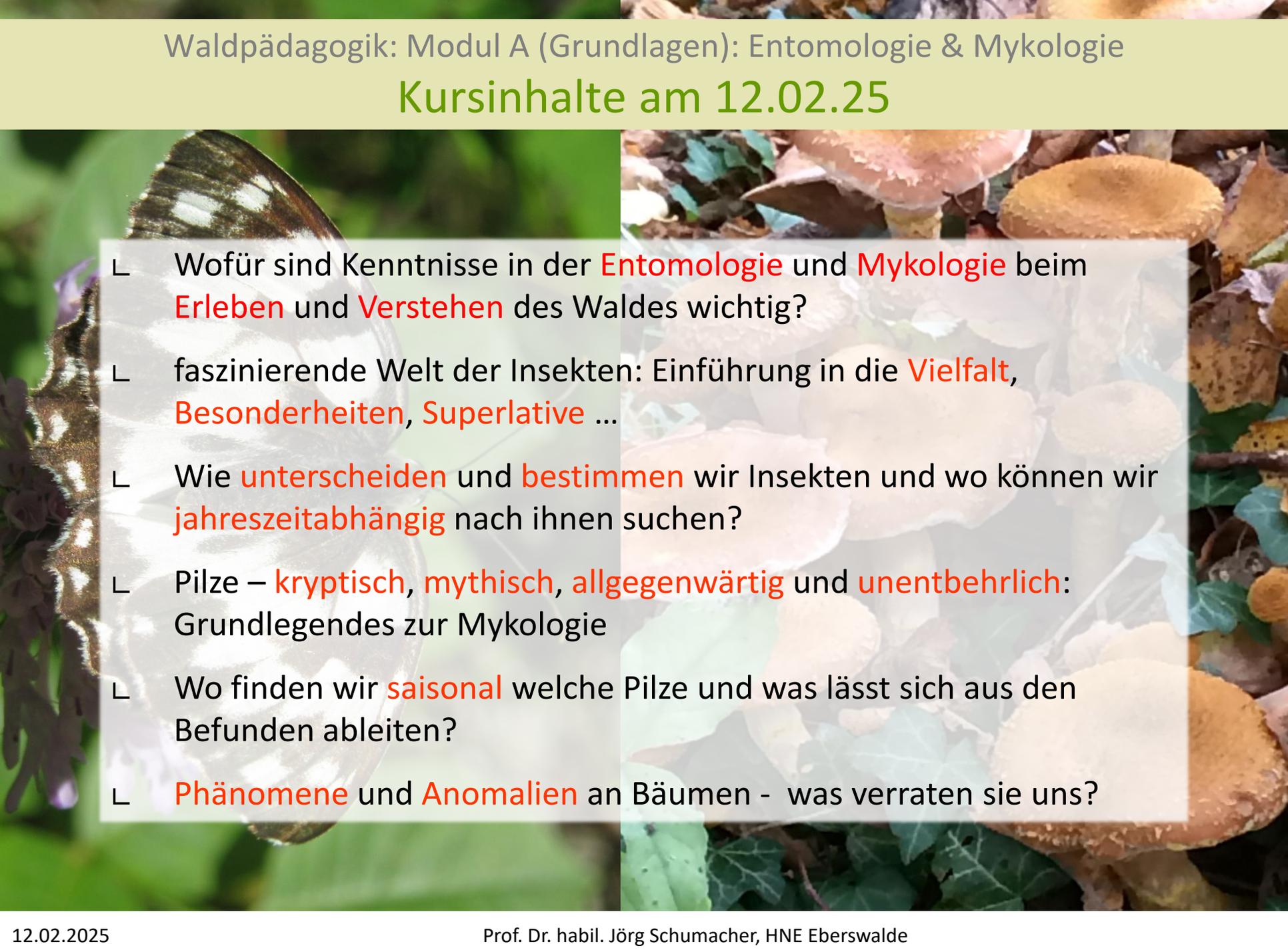
Waldpädagogik-Lehrgang 2025
Forstliche & ökologische Grundlagen

ENTOMOLOGIE & MYKOLOGIE



Jörg Schumacher

Kursinhalte am 12.02.25

- 
- L Wofür sind Kenntnisse in der **Entomologie** und **Mykologie** beim **Erleben** und **Verstehen** des Waldes wichtig?
 - L faszinierende Welt der Insekten: Einführung in die **Vielfalt**, **Besonderheiten**, **Superlative** ...
 - L Wie **unterscheiden** und **bestimmen** wir Insekten und wo können wir **jahreszeitabhängig** nach ihnen suchen?
 - L Pilze – **kryptisch**, **mythisch**, **allgegenwärtig** und **unentbehrlich**: Grundlegendes zur Mykologie
 - L Wo finden wir **saisonal** welche Pilze und was lässt sich aus den Befunden ableiten?
 - L **Phänomene** und **Anomalien** an Bäumen - was verraten sie uns?

Begriffe „Mykologie“ & „Phytopathologie“

→ **Mykologie** (vom griechischen Wort *mýkēs*: „Pilz“ abgeleitet)

Wissenschaft von den Pilzen, darunter v. a. Schlauch-, Ständer-, Joch-, Töpfchen- und Arbuskuläre Mykorrhizapilze (Überschneidungen mit Mikrobiologie, da Pilze auch Mikroorganismen sind)

→ **Phytopathologie** (Lehre von den Pflanzenkrankheiten)

steht in enger Beziehung zur Mykologie, da etwa 80 % aller Pflanzenkrankheiten von Pilzen verursacht werden (ebenfalls wichtig: Mykorrhiza-Forschung)

Begründer & Protagonisten

└ Zu den Begründern der „Phytopathologie/Mykologie an Gehölzen“ werden folgende Natur- und Forstwissenschaftler gerechnet:

– Heinrich Julius Adolph Robert Hartig (1839-1901)

– Heinrich Moritz Willkomm (1821-1895)

– Julius Kühn (1825-1910)

– Fritz Schwerdtfeger (1905-1986)

– Heinz Butin (1928-2021)



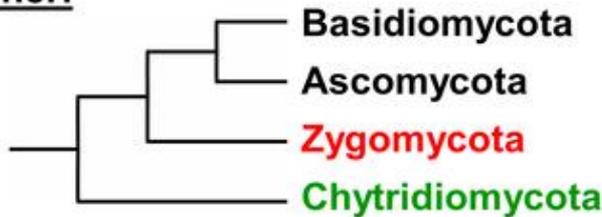
Wo begegnen uns Pilze im Alltag?

- L **Parasiten** (Schmarotzer & Krankheitserreger an Pflanzen, ferner auch an Mensch & Tieren)
- L **Saprobionten** (Zersetzer abgestorbener organischer Substanz)
- L **Mykorrhiza-Bildner** (verschiedene symbiotische Lebensformen, z. B. ektotroph, endotroph oder ektendotroph)
- L **Endophyten** (Lebensform in Pflanzen ohne erkennbare Schadwirkung)
- L **Nahrungsmittel** (Speisepilze)
- L **Rohstoff** (Bau- & Dämmstoff, Kleidung, Fleischersatz)
- L **Geschmacksverfeiner & Lebensmittelproduzenten** (Trüffel, Schimmelkäse, Edelfäule, Bier-, Wein- oder Bäckerhefe)
- L **Material- & Rohstoffentwerter oder Lebensmittelzerstörer** (z. B. Haus- oder Kellerschwamm, Zaunblättling, Holzfäuleerreger, Lebensmittelfäulen)
- L **Allergieinduzenten** (Sporen von Schimmelpilzen u. a.)

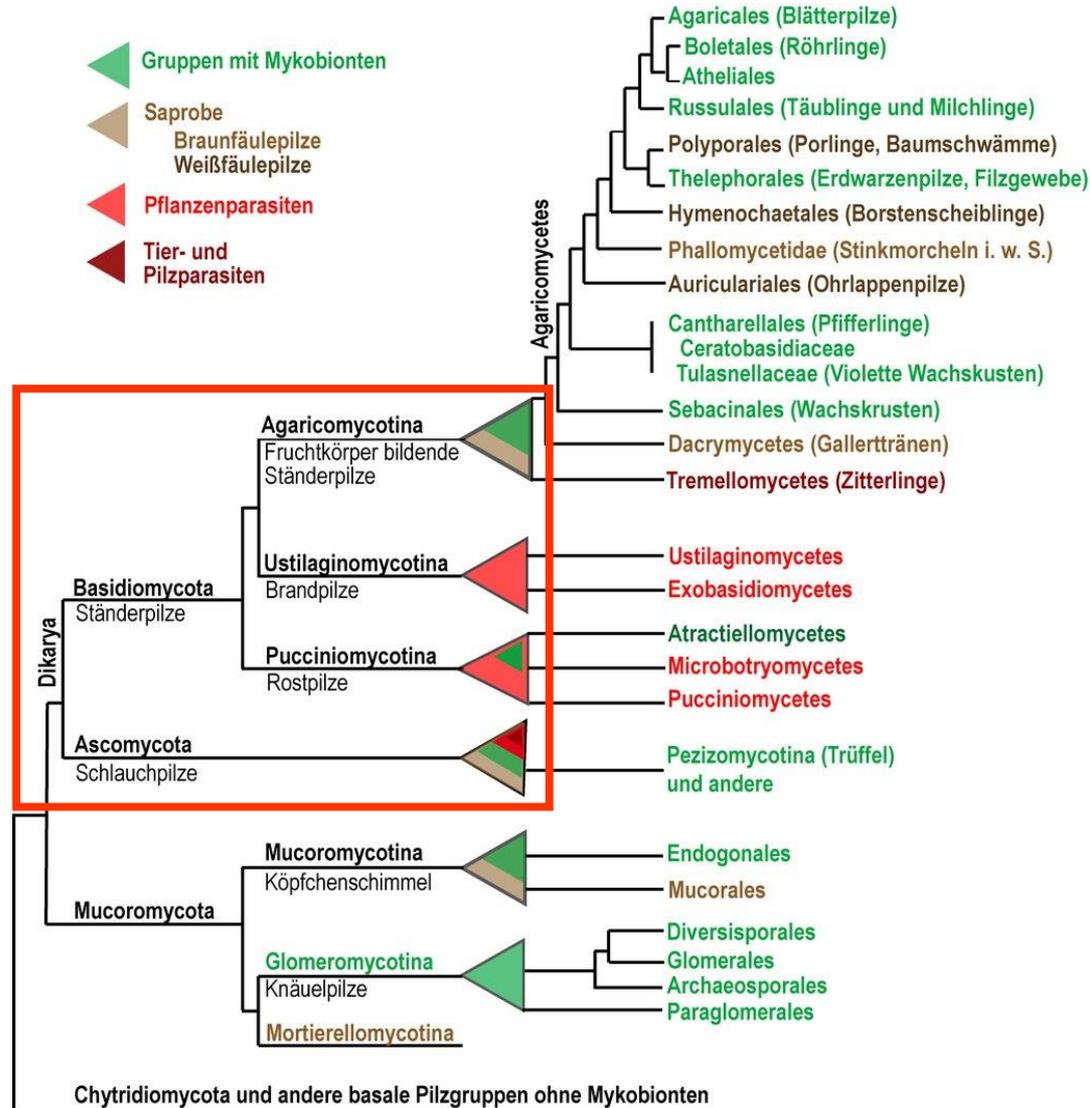
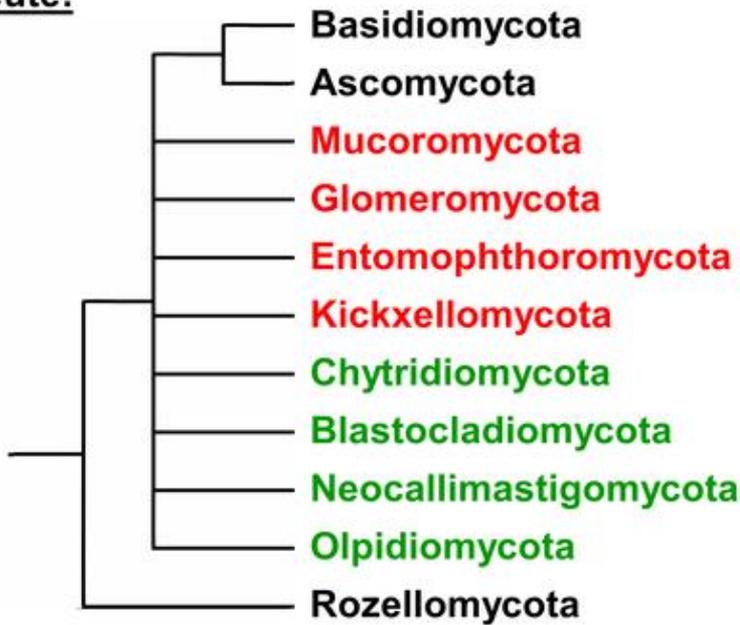
Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

Systematik (Taxonomie) der Pilze

früher:

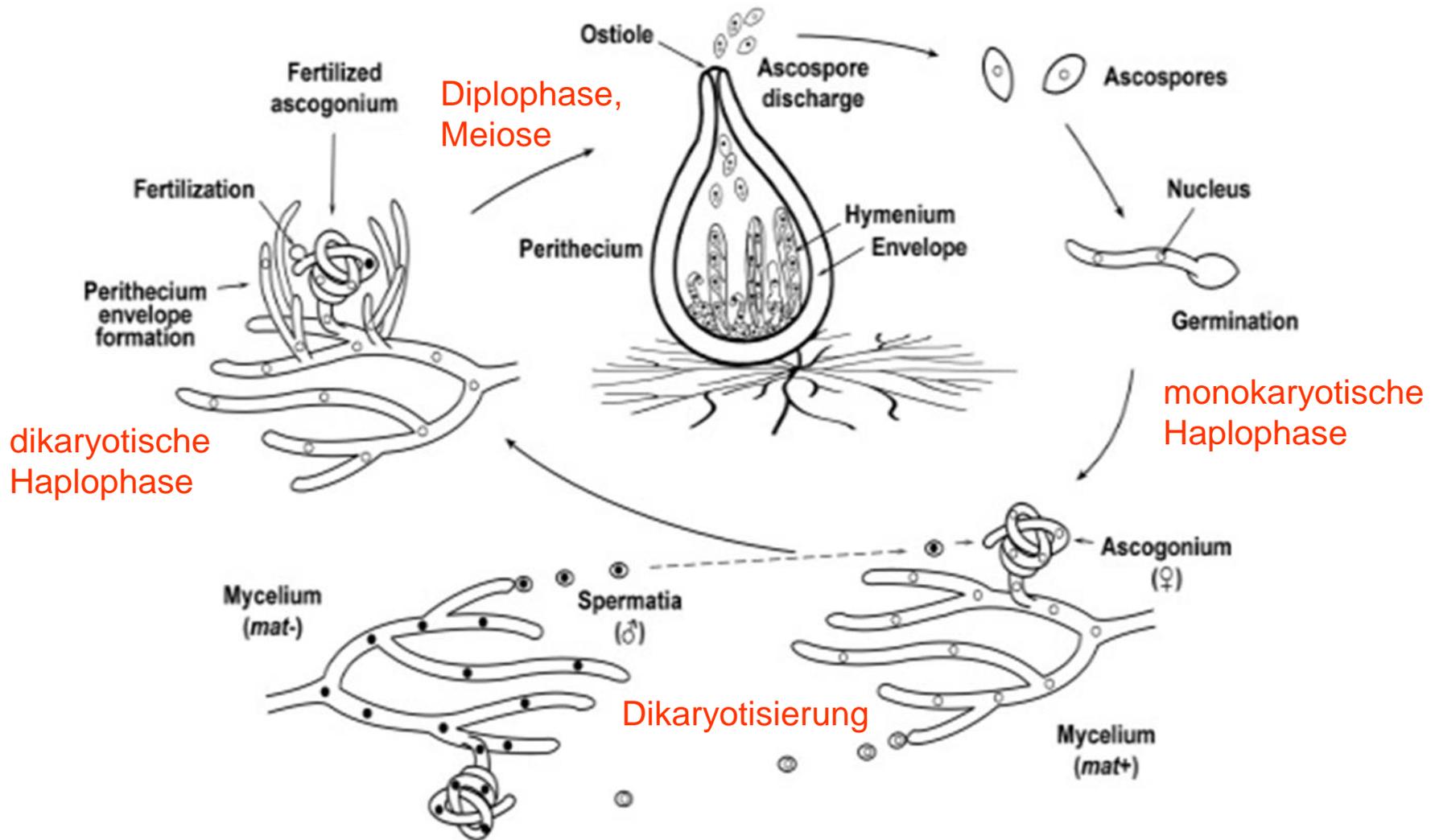


heute:

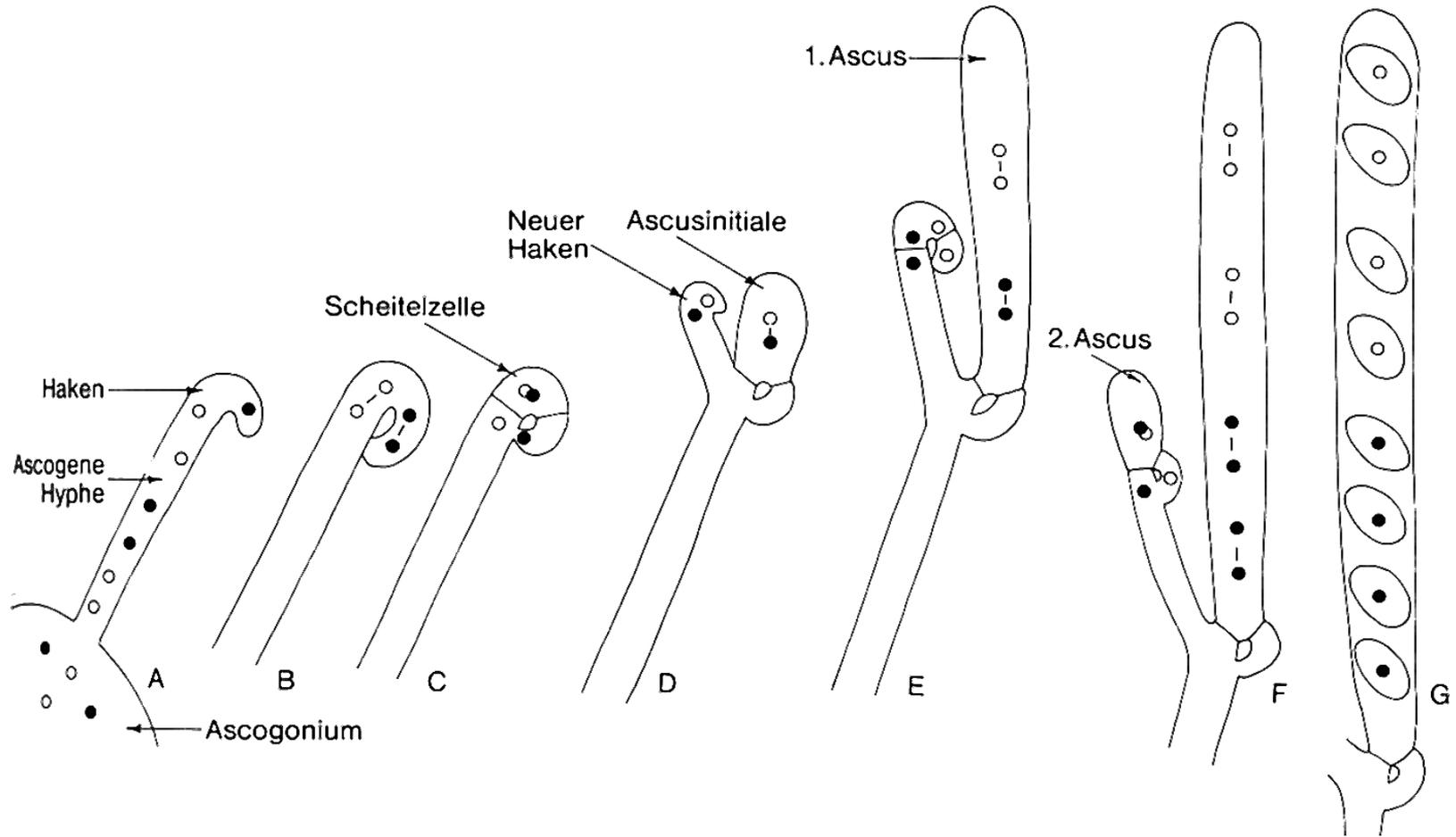


Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

Schlauchpilze: generativer & vegetativer Zyklus

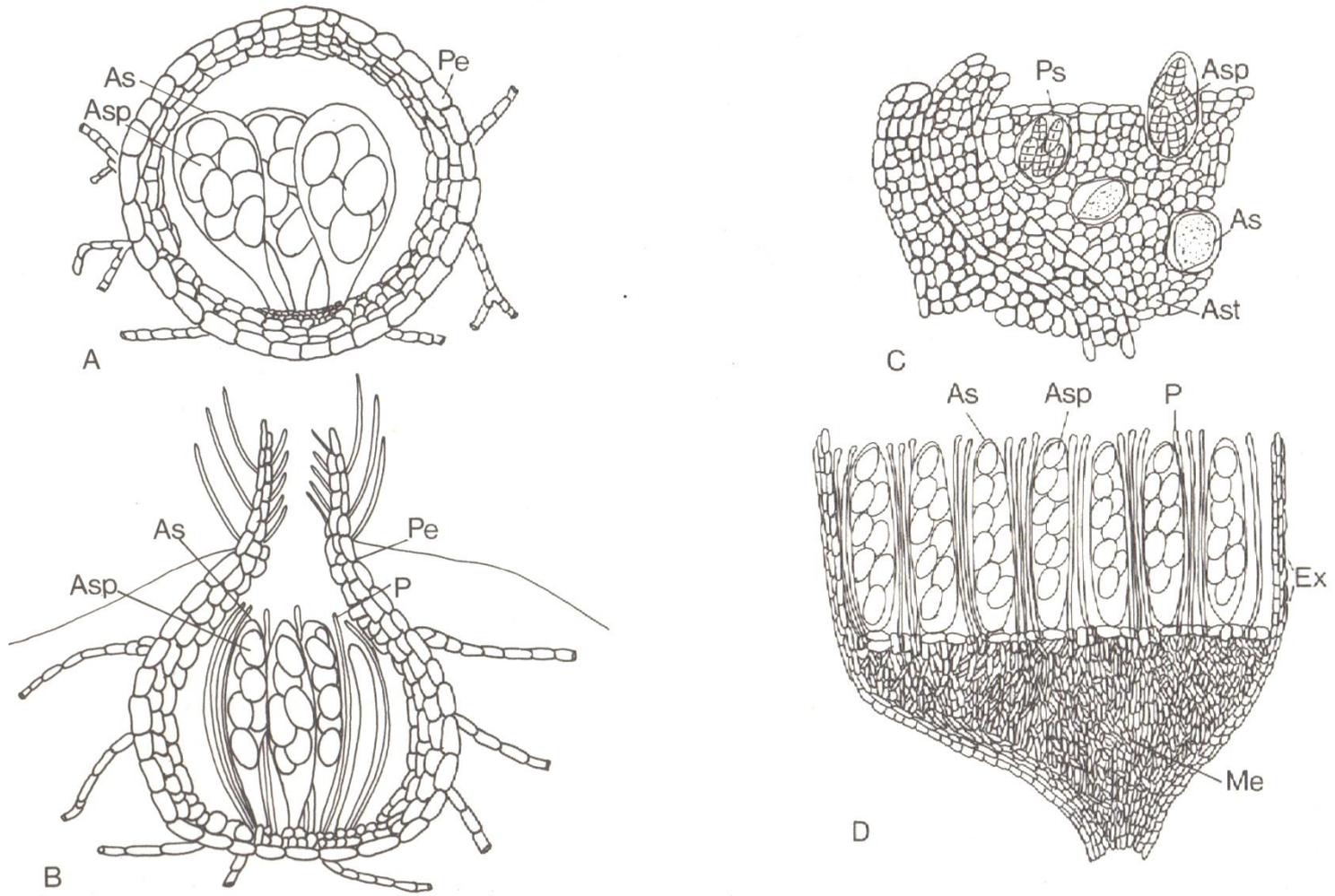


Schlauchpilze: Ascogametangiogamie



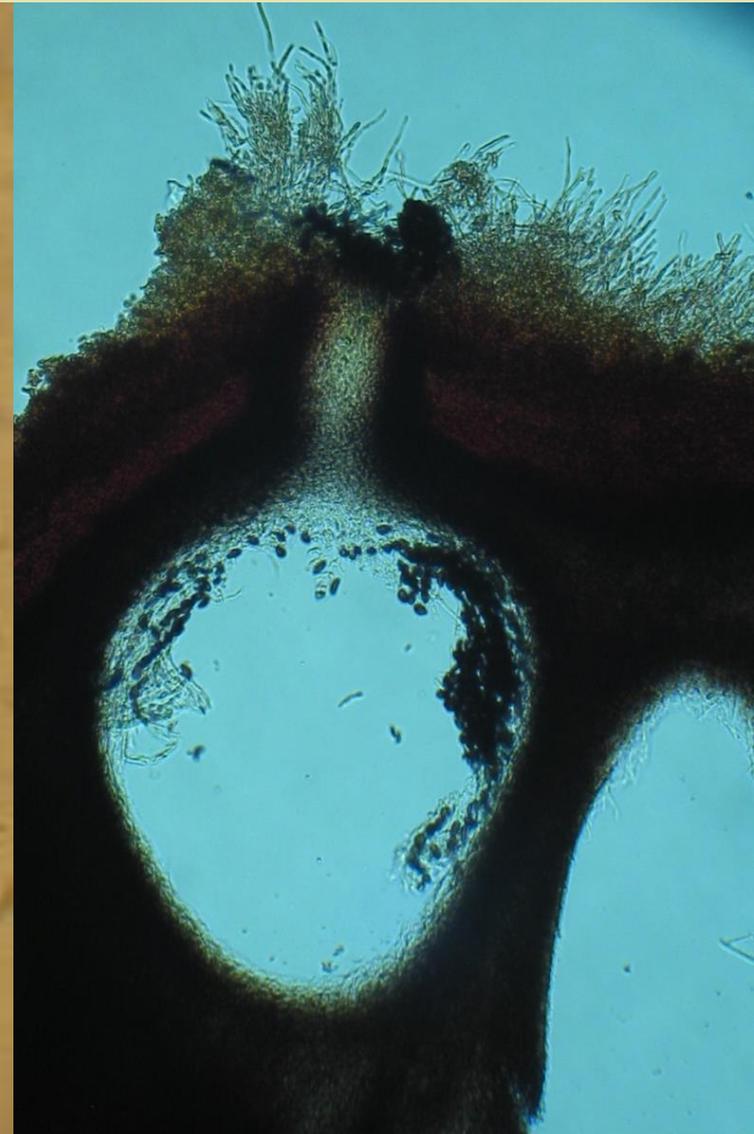
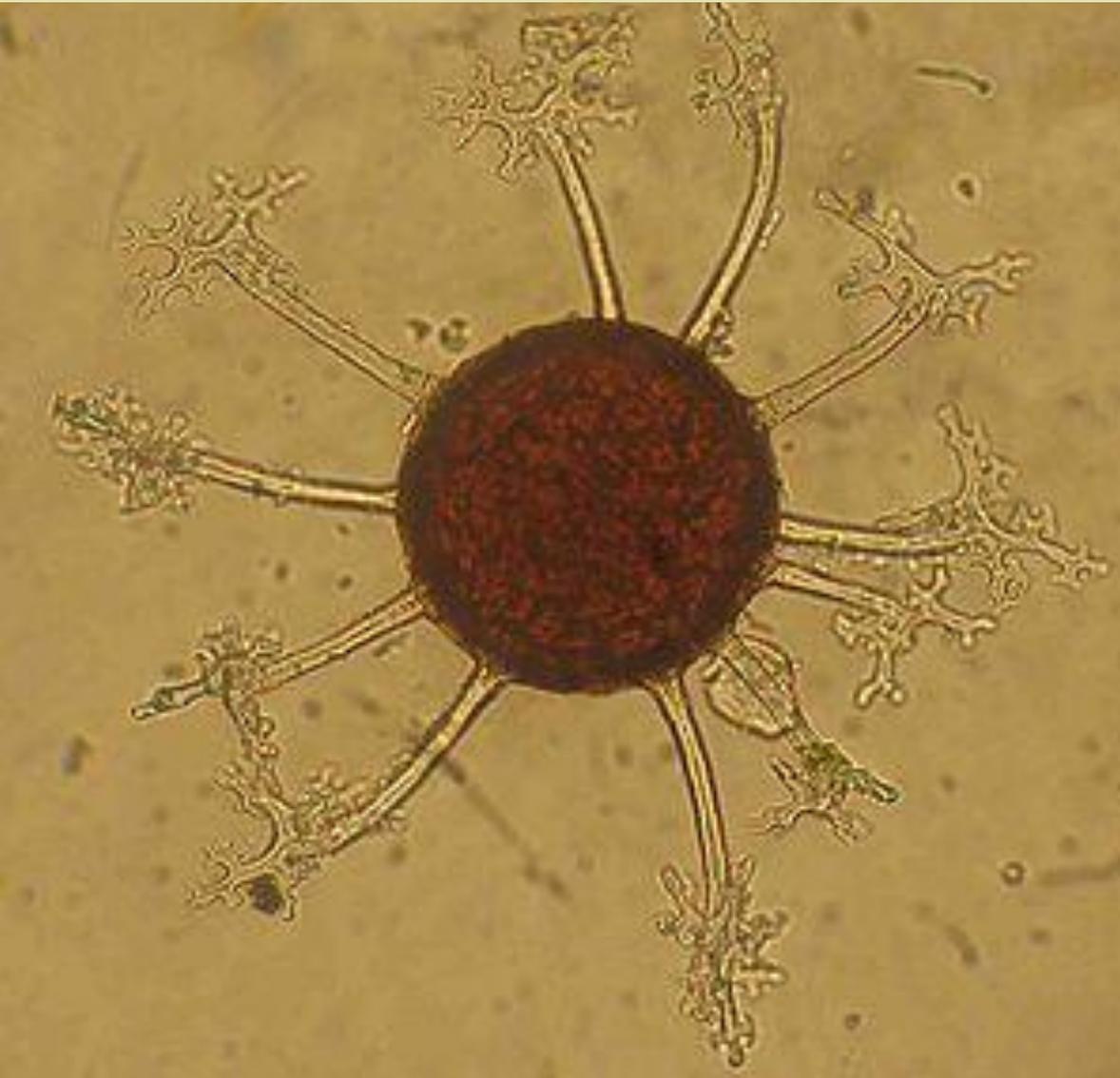
Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

Schlauchpilze: generative Frucht(körper)formen



A: Cleistothecium (Plectomycet), B: Perithecium (Pyrenomycet), C: Ascostroma (Hemiascomycet), D: Apothecium (Discomycet)

Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie
Schlauchpilze: Plecto- & Pyrenomyceten

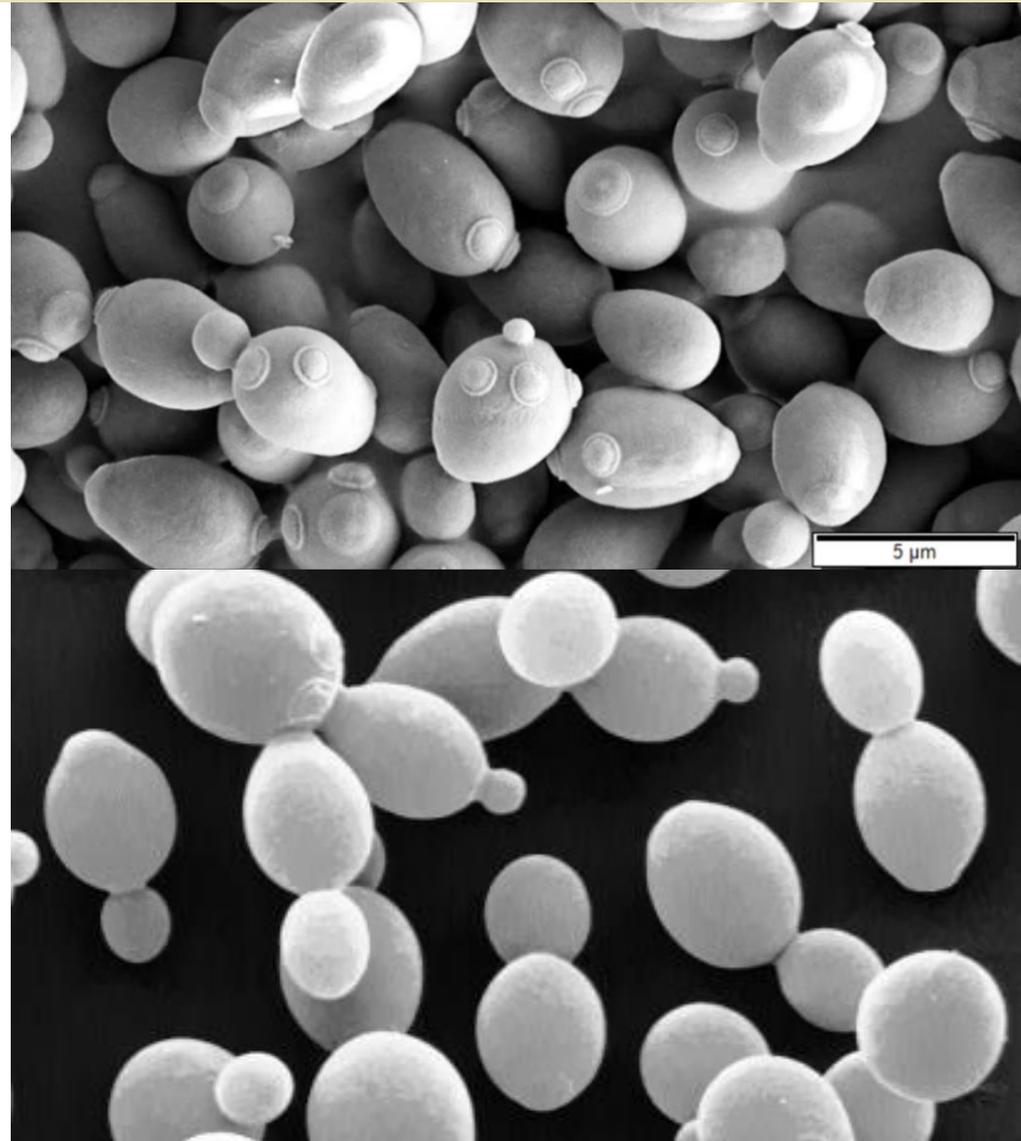
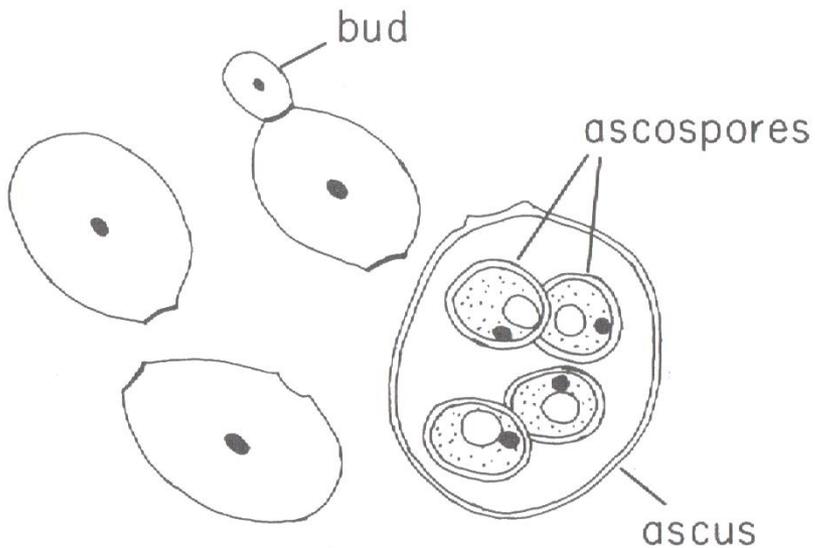


Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie
Schlauchpilze: Hemiasco- & Discomyceten

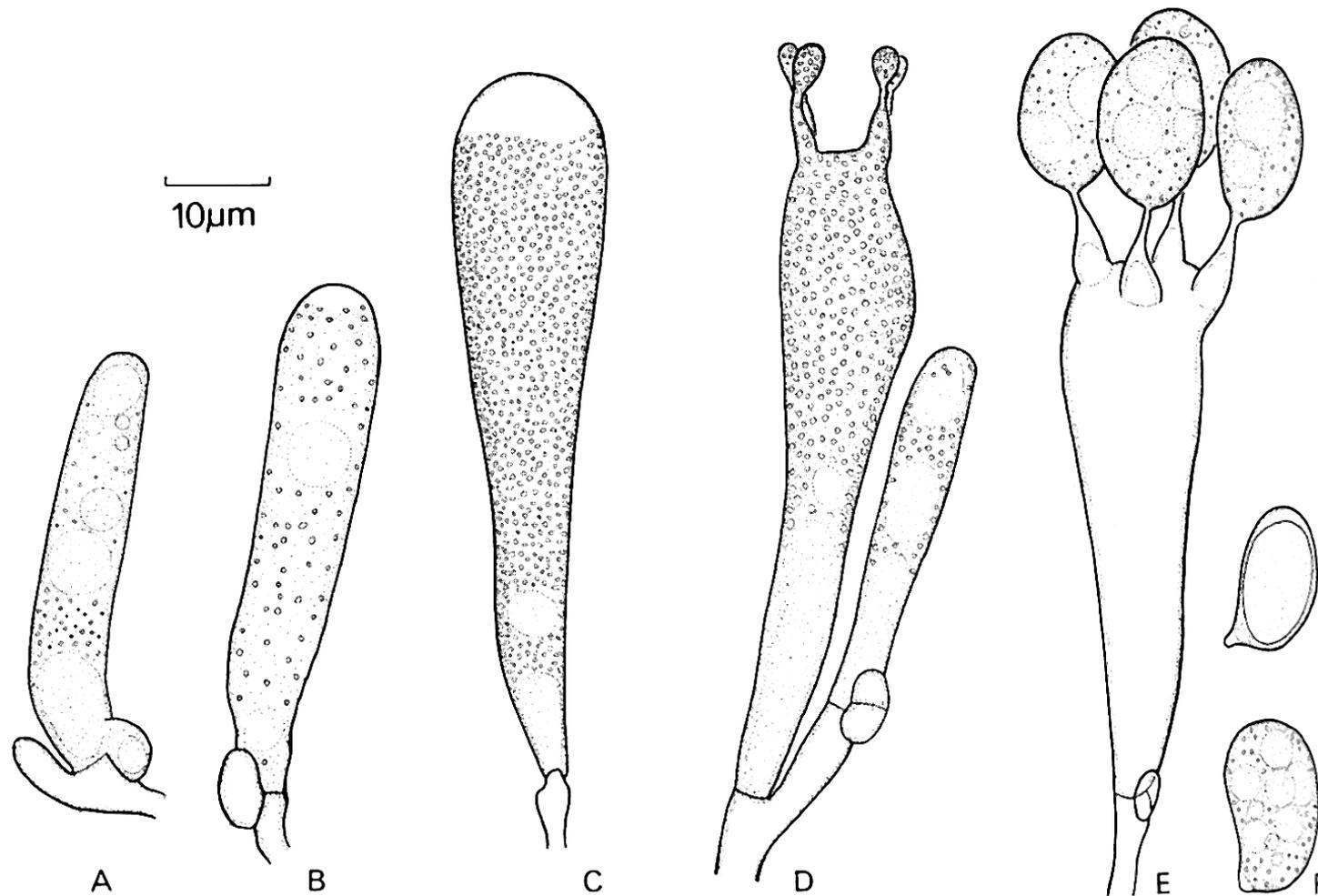


Hefestadien: Sprossverbände & solitär

Beispiel Saccharomyces



Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie
Ständerpilze: Holo-/Homobasidien



Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie
Ständerpilze: Nichtblätterpilze & Porlinge



12.02.2025

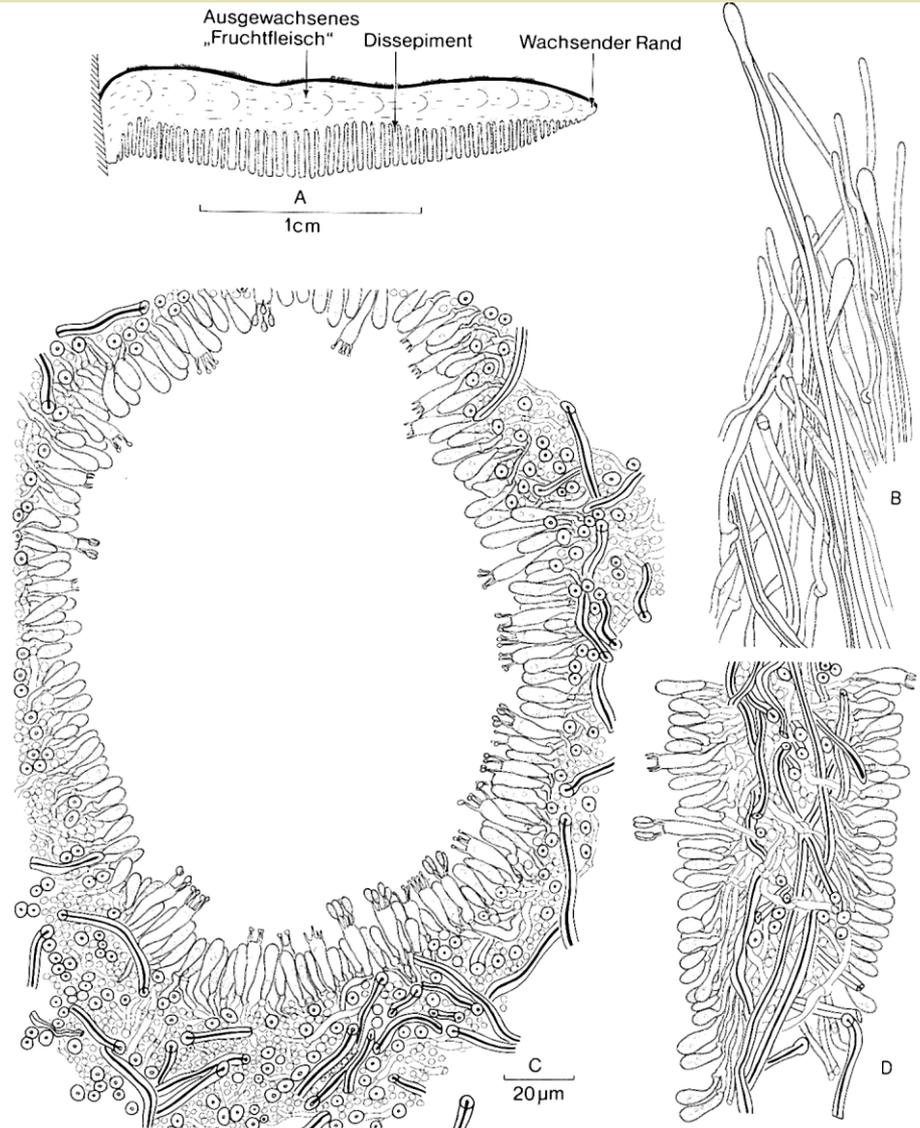
Prof. Dr. habil. Jörg Schumacher, HNE Eberswalde

Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie
Ständerpilze: Blätter-, Röhren- & Bauchpilze

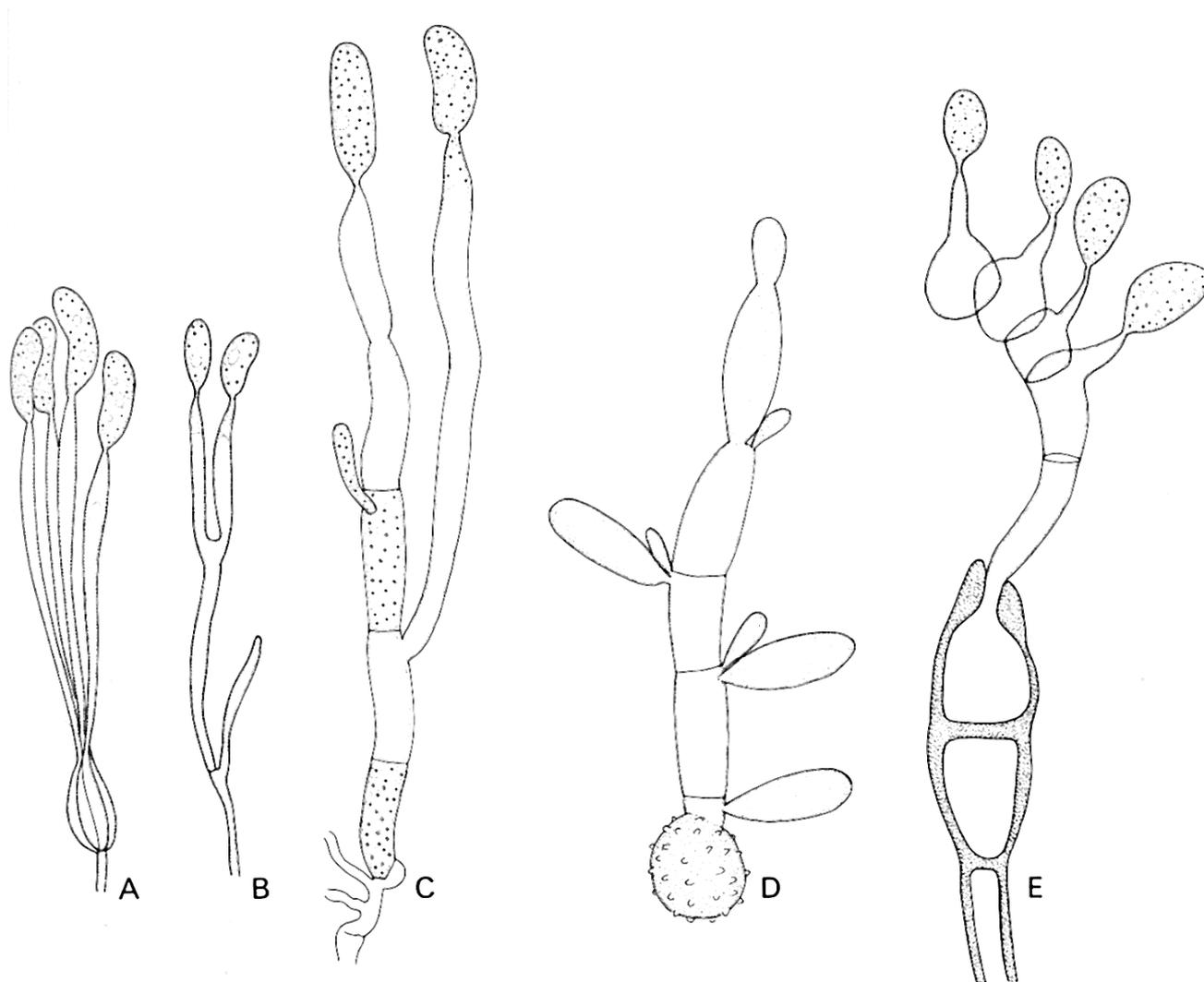


Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

Ständerpilze: Fruchtkörperanatomie



Ständerpilze: Phragmo-/Heterobasidien



Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie
Ständerpilze: Tremella- & Auricularia-Typ



12.02.2025

Prof. Dr. habil. Jörg Schumacher, HNE Eberswalde

Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

Ständerpilze: Ustilaginales- & Pucciniales-Typ



12.02.2025

Prof. Dr. habil. Jörg Schumacher, HNE Eberswalde

Bilderquellen: W. Cranshaw (links)
P. Kapitola (rechts)

Besonderheiten/Superlative: „Flash“



- └ Der kleine *Dungpilz Pilobus kleinii* (Pillenwerfer) „schleudert“ seine Sporen mit *enormer Geschwindigkeit* von ca. 1 cm langen Fruchständen aus in Richtung Sonnenlicht bis in *2,5 m Höhe*
- └ Die auf umgebender Bodenvegetation landenden Sporen werden von Herbivoren beim Nahrungsverzehr mit aufgenommen und anderenorts wieder ausgeschieden. Mit *25 m pro Sekunde* gelten die Sporen somit als die „*schnellsten biologischen Geschosse der Welt*“
- └ Zusätzlich befördern die klebrigen Sporen dabei jeweils bis zu *50 anheftende Nematoden* (effektives Verbreitungsmedium)



Besonderheiten/Superlative: „Superpilz“

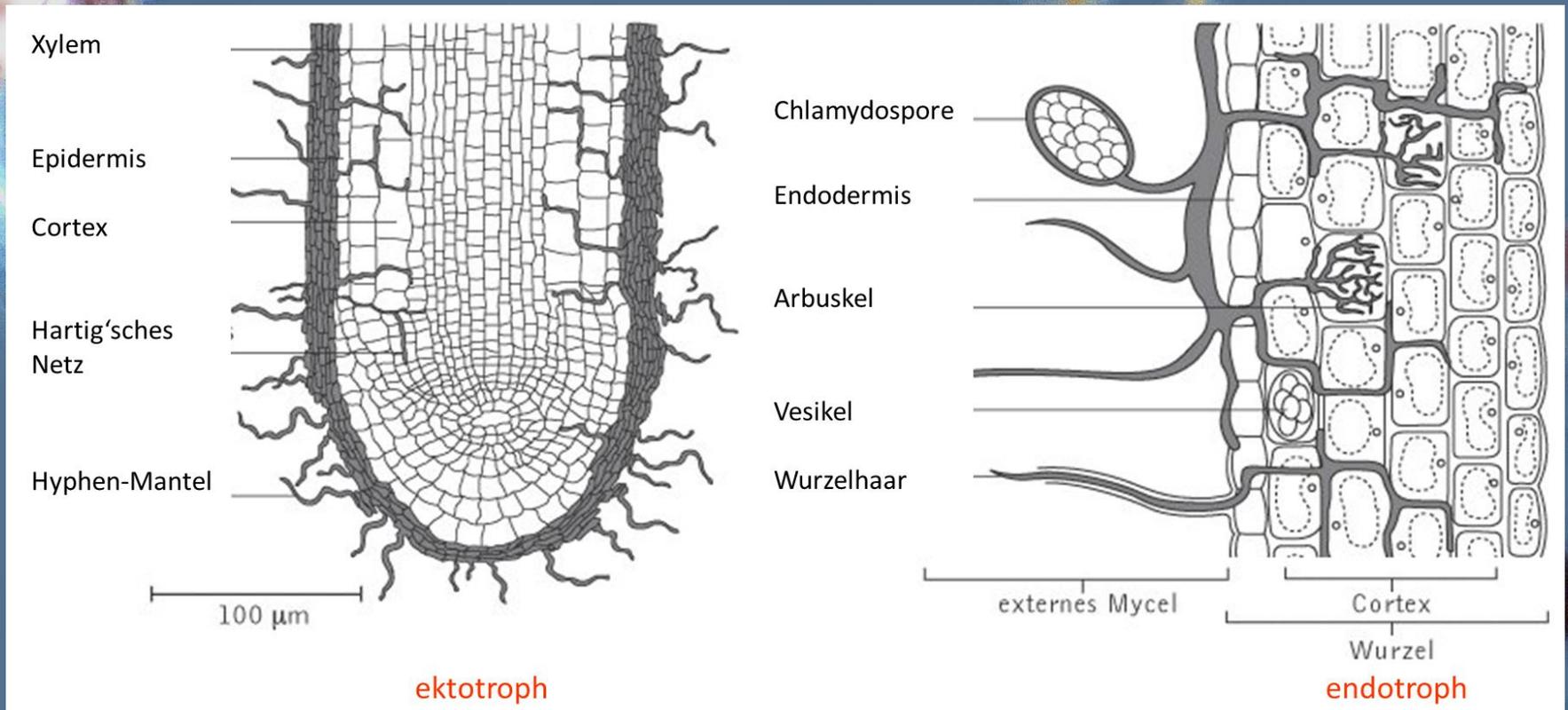


- └ Der *Schopftintling* (*Coprinus comatus*) ist ein „multifunktionales Universalgenie“: er ist nicht nur ein in der homöopathischen Medizin geschätzter *Vitalpilz*, sondern vermag z. B. auch Bürgersteige, Asphaltstraßen und sogar Sportplätze durch *Bodenanhebung* zu verunstalten („bärenstark“)
- └ Ebenso gilt er als einer der *am schnellsten vergänglichen Pilze*, da seine Sporen (innerhalb weniger Stunden) in einer durch die bereits einsetzende Zersetzung entstehenden Flüssigkeit verbreitet werden
- └ Eine weitere Besonderheit ist die *parasitisch-carnivore Lebensweise* des Pilzes, indem er für seine Ernährung mit Hyphen aktiv *Nematoden* einfängt und sie invadiert

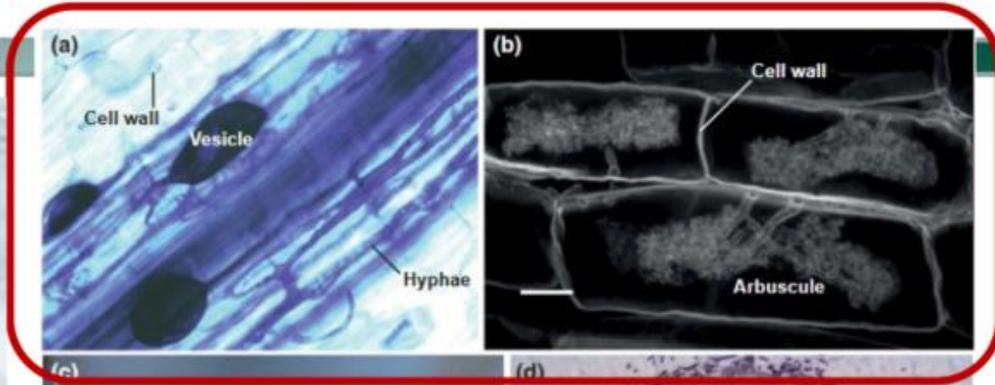
Besonderheiten/Superlative: „Gigant“

- 
- └ Entgegen weit verbreiteten Annahmen scheinen nicht z. B. Blauwal, Portugiesische Galeere etc. die größten bekannten Organismen weltweit zu sein, sondern ein Pilz, der **Dunkle Hallimasch (*Armillaria ostoyae*)**
 - └ Wissenschaftler wiesen im USA-Bundesstaat Oregon, mehrere, genetisch identische Riesenthalli des bodenbürtigen Saproparasiten nach, darunter den bisher größten mit einer **Ausdehnung** von **9 km²** und einem geschätzten **Gewicht** von **35.000 t**

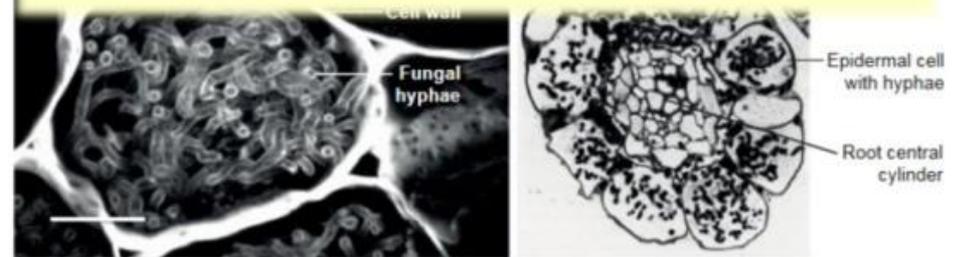
Mykorrhizierung



Arbuskuläre Endomykorrhiza



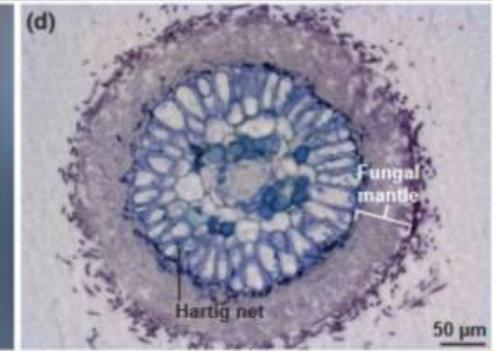
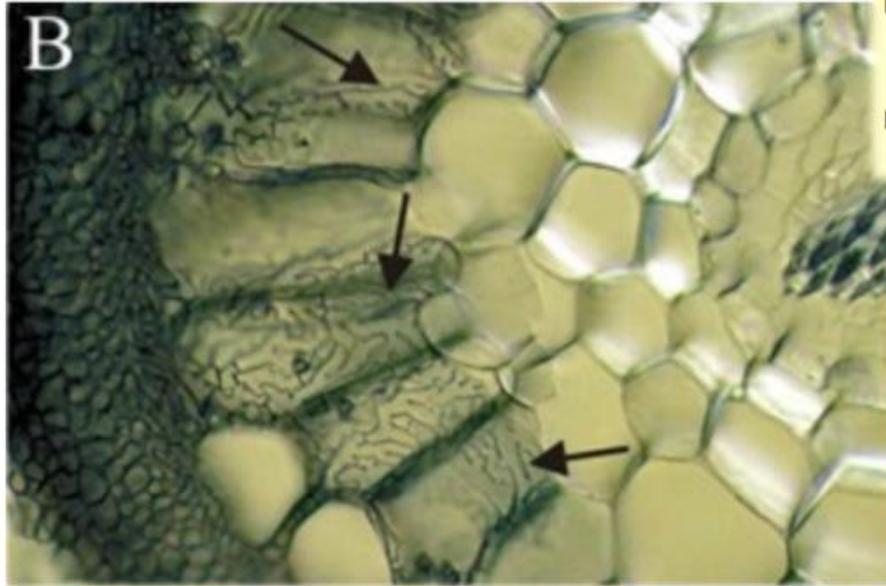
- vesicles & arbuscules
- interface inside cortical cells



from van der Heijden *et al.* 2015

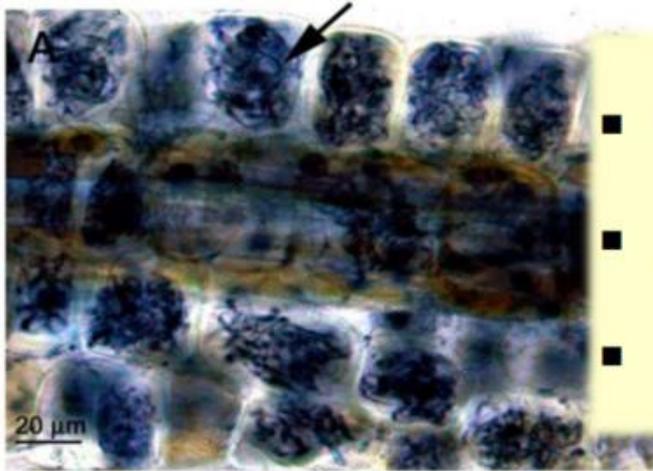
Ektomykorrhiza

- fungal mantle & Hartig net
- Interface outside cortical cells
- „morphotypes“

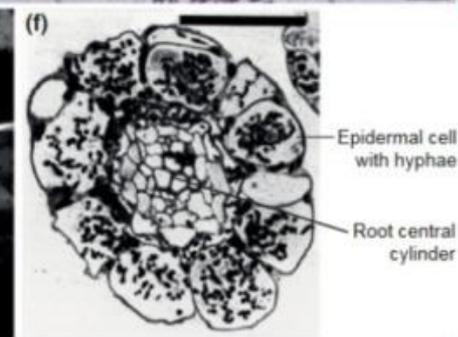
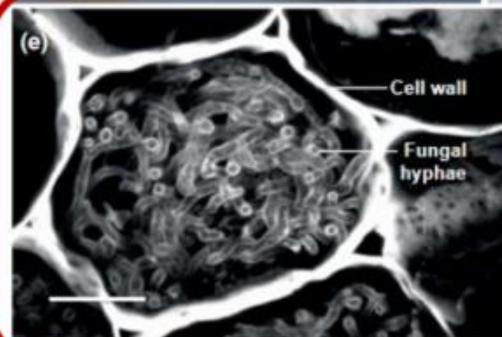
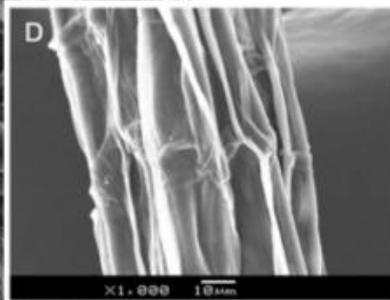
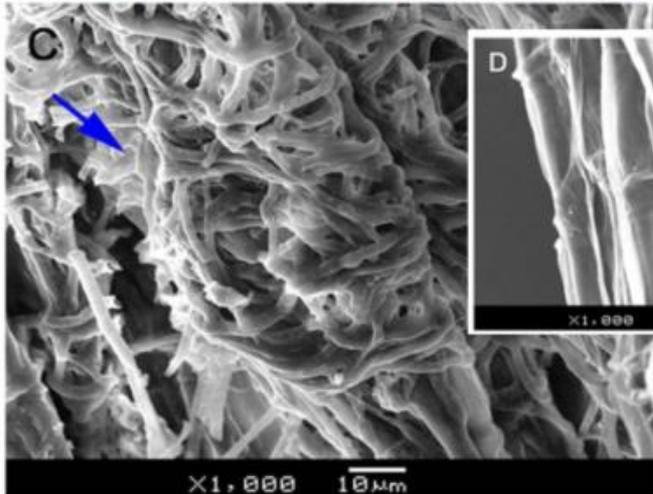


Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

Orchidoide, ericoide & andere Ektendomycorrhizae



- Orchid protocorm -> pelotons
- Interface inside cortical / epidermal cells
- Mycoheterotrophy



from van der Heijden *et al.* 2015

Wei *et al.* 2016

Rindenparasiten & Holzfäuleerreger

1) Rindenbrand:

- Einjährigkeit, **lokale Kambium- oder (nur) Rinden-Nekrosen**
- betroffene Rindenpartie erhält nach Absterben **rötlich-braune Färbung** (→ Bezeichnung)
- Verursacher sind v. a. **Schlauchpilze**; Infektion erfolgt meist über Rindenverletzungen, ausgebrochene Seitenäste oder Knospen bzw. Knospennarben (→ **Wund- & Schwächeparasiten**)
- entscheidend für Verlauf: a) **Vitalität des Wirtes**, b) **Aggressivität des Pilzes**
- **Folgen**:
 - Absterben eines **Teils des Zweig- oder Stammumfangs** an der Befallsstelle (lokale, länglich-ovale Nekrose → Eingrenzung, Überwallung)
 - ring-/gürtelartige **Trieb-/Stamm-Nekrose** (Absterben oberhalb der Befallsstelle → Ersatztriebbildung)

Rindenparasiten & Holzfäuleerreger

2) Baumkrebs und Krebsfäule:

- **pilzlich bedingter Baumkrebs** (meist Schlauchpilze): Erreger verhält sich im ersten Jahr **wie bei Rindenbrand**
- in Folgejahren (**Mehrjährigkeit**) bricht Erreger wiederholt aus Wundrand aus und tötet Gewebe ab (**Vegetationsruhe**); durch Abwehr (**Vegetationsperiode**) laterale Überwallung, **wechselseitige Auseinandersetzung** führt zu „Krebswunden“
- kennzeichnend ist **regelmäßige Form** (Gegensatz Bakterienkrebs: gekröseartige Krebswunden), Wundholzrippen dienen der **Altersschätzung** des Krebses
- **Folgen:** ausgedehnte Baumkrebse verändern Stammquerschnitt und sind **Eintrittspforten für Fäulepilze**

Sonderfall **Krebsfäule:**

- Erreger ruft zusätzlich eine Fäule im Holz hervor (Entwertung, Destabilisierung); Verursacher überwiegend zu **Ständerpilze**

Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

Phomopsis-Rindenkrankheit der Douglasie



Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

Baumkrebs an Kirsche, Roteiche, Esche



12.02.2025

Prof. Dr. habil. Jörg Schumacher, HNE Eberswalde

Fäuletypen (Biochemismus)

1) Braunfäule (Destruktionsfäule):

- Zellulose und Hemizellulose werden abgebaut, jedoch nicht Lignin
- Holzfestigkeit (v. a. **Biegefestigkeit**) nimmt rapide ab (Faustregel: bei 10% Gewichtsverlust bis zu 70% Festigkeitsverlust)
- Holz wird **brüchig** und zerfällt zunächst **würfelähnlich** („**Würfelbruch**“), später **pulverig**
- v. a. an **Nadelholz**, ausschließlich von **Basidiomyzeten** verursacht
→ Beispiel: **Schwefelporling** (*Laetiporus sulphureus*), dieser jedoch v. a. an Laubbäumen

Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie
Braunfäule (Beisp.: *Laetiporus sulphureus*)



Fäuletypen (Biochemismus)

2) Weißfäule (Korrosionsfäule):

- Abbau **sowohl des Lignins als auch der Zellulose**, Zellulose jedoch verzögert, weshalb die Fäule oft **weißlich** und **faserig** erscheint; **Holzfestigkeitsabnahme ist geringer als bei der Braunfäule**
- Intensive Weißfäulen werden v. a. von **Basidiomyzeten** verursacht, seltener auch von **Askomyzeten**; **häufiger an Laubholz als an Nadelholz**
- Unterteilung in zwei Grundtypen (mit vielen Variationen & Übergängen):
 - a) **Simultane Fäule**: **Zellulose und Lignin werden contemporär** abgebaut, die **Mittellamelle bleibt lange erhalten**; Holz behält **hohe Steifigkeit** und bricht unter Belastung mit **sprödem Bruchbild**
→ Beispiel: **Zunderschwamm** (*Fomes fomentarius*)

Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie
Simultane Fäule (Beisp.: *Fomes fomentarius*)



Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie
Simultane Fäule (Beisp.: *Fomes fomentarius*)



Fäuletypen (Biochemismus)

b) Selektive Delignifizierung:

- im **Frühstadium** wird bevorzugt **Lignin abgebaut**, später verstärkt Hemizellulose und Zellulose; **Mittellamelle** wird **frühzeitig angegriffen**; Holz bleibt **lange zäh** und bricht bei Versagen **faserig**

→ Beispiel: **Lackporlinge** (z. B. *Ganoderma applanatum*, *G. adspersum*)

Sonderfall Weißlochfäule:

- Form der **selektiven Delignifizierung**, bei der **lokal ein selektiver** Ligninabbau mit Verbleib hell erscheinender Zellulosebereiche stattfindet (weiße, **linsenförmige Fäulezonen**)

→ Beispiel: **Klapperschwamm** (*Grifola frondosa*)

Fäuletypen (Biochemismus)

3) Moderfäule:

- Pilzhypen wachsen v. a. **innerhalb der Sekundärwand (Bildung von Kavernen & Erosionsgräben)**
 - **Bevorzugter Zellulose-Abbau** (biochemisch mit Braunfäule verwandt, auch Übergänge zur **simultanen Fäule**)
 - Holz nimmt meist weiche Konsistenz („**Weichfäule**“, englisch: „soft rot“) an, gelegentlich entsteht **Versprödung** (gefährlicher Verlust der Biegefestigkeit bei kaum veränderter Holzstruktur) → daher schwer diagnostizierbar
- Beispiel: **Brandkrustenpilz** (Ascomycota)

Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie
Moderfäule (Beisp.: *Kretzschmaria deusta*)



12.02.2025

Prof. Dr. habil. Jörg Schumacher, HNE Eberswalde

Physiologische Holzfäuleklassifizierung

- Entsprechend der Ektoenzymaktivität erfolgt die Einteilung in 1) **Weiß-** und 2) **Braunfäule**, aufgrund der Abbaustrategien unterscheidet man 3) die **Moderfäule**

Braunfäule (Destruktionsfäule)

Nur Kohlenhydrate (Zellulose und Hemizellulose) werden durch Zellulasen gespalten

Weißfäule (Korrosionsfäule)

Neben den Kohlenhydraten wird auch das Lignin mithilfe von Oxydoreduktasen abgebaut

Moderfäule

Abbau zunächst der Kohlenhydrate, später auch des Lignins

Simultane Fäule

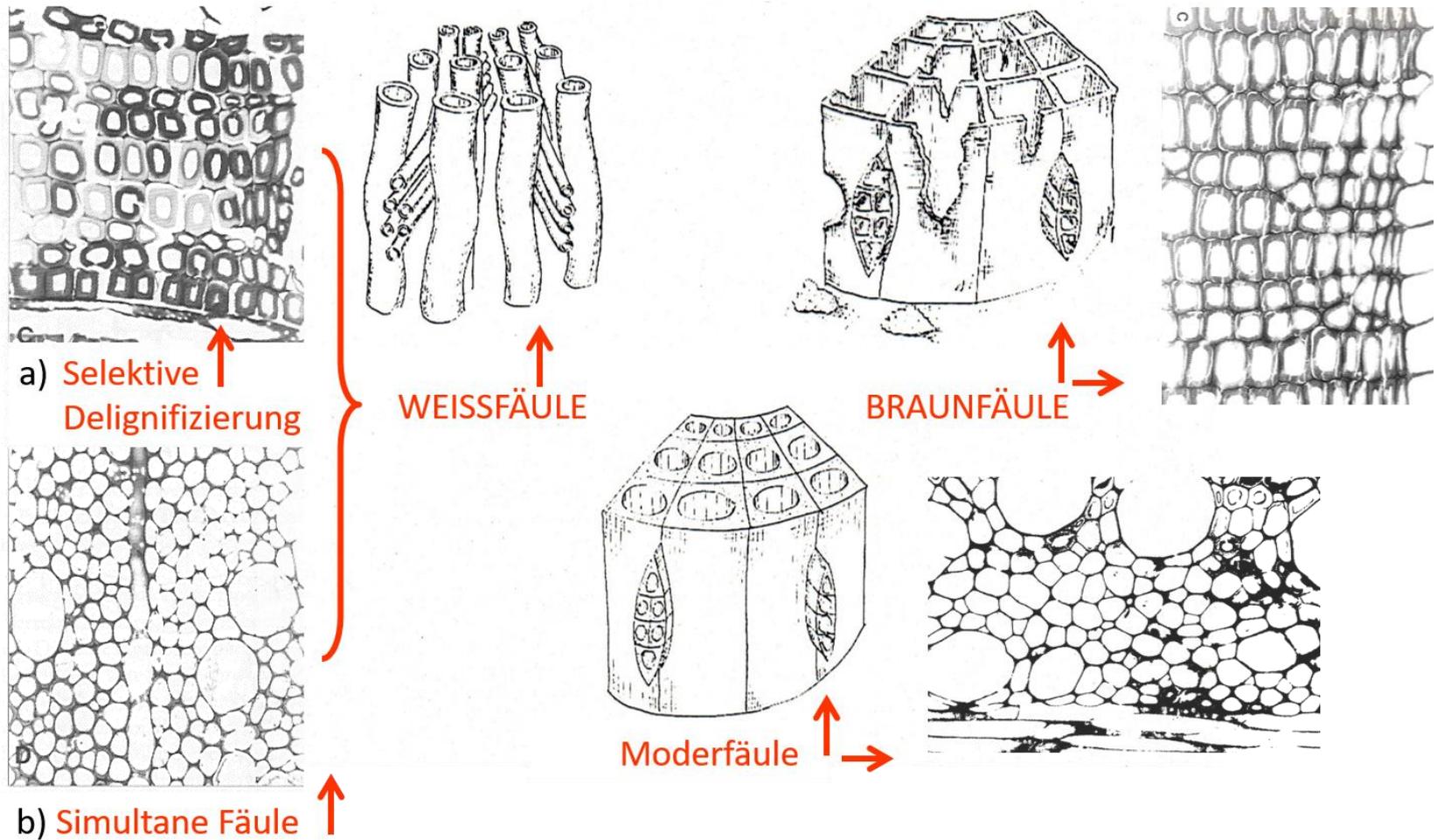
Spaltung der Kohlenhydrate und des Lignins gleichzeitig

Sukzessive Fäule (Selektive Delignifizierung)

Abbau zunächst des Lignins, später auch der Kohlenhydrate

Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

Holzerersetzungsmuster



Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

„Rotfäule“ (Beispiel Douglasie)



Waldpädagogik: Modul A (Grundlagen): Entomologie & Mykologie

Braunfäuleerreger (Charakterisierung)

- Erreger sind Vertreter der **Ständerpilze (Basidiomycota)**
- kolonisiert werden zu **80% Nadelgehölze**
- Braunfärbung (Braunfäule) durch **selektiven Abbau der Zellulose** und Hemizellulose (Anteil im Holz ca. 70%)
- Wachstum der Hyphen in Zelllumina
- **Minderung** der **Biege-, Druck- & Zugfestigkeit**; Entstehung von Quer- und Längsrissen (würfelförmiger, später pulveriger Zerfall)

Weißfäuleerreger (Charakterisierung)

- Erreger sind Vertreter der **Ständer- & Schlauchpilze (Basidio- & Ascomycota)**
- kolonisiert werden **v. a. Laubgehölze**
- Weißfärbung (Weißfäule) durch **Abbau des Lignins** (ca. 30% im Holz)
- Hyphen liegen in den Zellen eng der Tertiärwand an
- **Minderung der Steifigkeit** (Versprödung) und **Bruchfestigkeit** (weiche, faserige oder schwammige Konsistenz), z. T. auch **Druckfestigkeit**
- mitunter **Demarkationen** durch Melanineinlagerung zur Abgrenzung gegen gesundes Holz und Konkurrenten



Danke!